Programação Estruturada

Vetores e matrizes

Professores Emílio Francesquini e Carla Negri Lintzmayer

2018.Q3

Centro de Matemática, Computação e Cognição
Universidade Federal do ABC

UFABC

Introdução

Motivação

Suponha que desejamos guardar notas de alunos.

Com o que aprendemos até agora, como armazenaríamos 3 notas?

```
1  float nota1, nota2, nota3;
2
3  printf("Nota do aluno 1: ");
4  scanf("%f", &nota1);
5  printf("Nota do aluno 2: ");
6  scanf("%f", &nota2);
7  printf("Nota do aluno 3: ");
8  scanf("%f", &nota3);
```

Motivação

Com o que sabemos, como armazenaríamos 100 notas?

```
1  float nota1, nota2, nota3,..., nota100;
2
3  printf("Nota do aluno 1: ");
4  scanf("%f", &nota1);
5  printf("Nota do aluno 2: ");
6  scanf("%f", &nota2);
7  ...
8  printf("Nota do aluno 100: ");
9  scanf("%f", &nota100);
```

Apesar de ainda ser viável, criar 100 variáveis distintas não é uma solução elegante para este problema. E se precisássemos armazenar 1.000.000 notas? Ou n notas?

Vetores

Definição de vetores

- Um vetor em C é uma coleção de variáveis de um mesmo tipo que são referenciadas por um **identificador único**.
- Características de um vetor:
  - As variáveis ocupam posições contíguas na memória.
  - O acesso se dá por meio de um índice inteiro.
  - O vetor possui um tamanho pré-definido.
  - O acesso do vetor com um índice fora dos limites pode causar comportamento anômalo do programa.

Declaração de um vetor

Para declarar um vetor usamos a seguinte sintaxe:

```
tipo identificador[tamanho];
```

Exemplos:

```
/* vetor "notas" equivale a 100 variáveis do tipo float */
float notas[100];

/* vetor "primos" equivale a 20 variáveis do tipo int */
int primos[20];
```

Usando um vetor

- Após declarada uma variável do tipo vetor, pode-se acessar uma determinada posição utilizando-se um índice de valor inteiro.
- Sendo n o tamanho do vetor, os índices válidos para o vetor vão de 0 até $n - 1$.
  - A primeira posição de um vetor tem índice 0.
  - A última posição de um vetor tem índice $n - 1$.
  - A i-ésima posição tem índice $i - 1$.
  - A sintaxe para acesso de uma determinada posição é: `identificador[posicao]`
    - Lê-se `vet[4]` como "vetor `vet` na posição 4"
    - `vet[4]` é o quinto elemento do vetor `vet`

Usando um vetor

Uma posição específica de um vetor tem o mesmo comportamento que uma variável simples.

```
1  int nota[10];
2  int a;
3  /* "nota[5]" corresponde a uma variável inteira */
4  nota[5] = 95;
5  a = nota[5];
```

Usando um vetor

- Você deve usar apenas valores inteiros como índice para acessar uma posição do vetor.
- O valor pode ser inclusive uma outra variável inteira.

```
1  int g, vet[10];
2  for(g = 0; g < 10; g++)
3      vet[g] = 5 * g;
```

Quais valores estarão armazenados em cada posição do vetor após a execução deste código?

Vetores e a memória

Suponha o código:

```
1 int d;
2 int vetor[5];
3 int f;
```

Na memória temos:

Nome	d	vetor					f
Índice	-	0	1	2	3	4	-

Vetores e a memória

Ao executar o comando

```
1  vetor[3] = 10;
```

Temos em memória:

Nome	d	vetor					f
Índice	-	0	1	2	3	4	-
					10		

Vetores e a memória

E ao executar os comandos a seguir?

```
1 vetor[3] = 10;
2 vetor[5] = 5;
3 vetor[-1] = 1;
```

Teremos em memória:

Nome	d	vetor					f
Índice	-	0	1	2	3	4	-
	1				10		5

Seu programa estará errado pois você está alterando inadvertidamente valores de outras variáveis.

Ele será encerrado (**Segmentation Fault**) ou poderá continuar executando, mas ocorrerão erros difíceis de serem rastreados.

Questões importantes sobre vetores

- O tamanho do vetor é pré-definido (durante a execução do programa não pode ser alterado).
- O uso de índices fora dos limites pode causar comportamento anômalo do programa.

Como armazenar até 100 notas?

```c
float nota[100];
int n, i;

printf("Número de alunos: ");
scanf("%d", &n);

for (i = 0; i < n; i++) {
    printf("Digite a nota do aluno %d: ", i);
    scanf("%f", &nota[i]);
}
```

O programa acima está correto?

Como armazenar até 100 notas?

Você deve testar se $n > 100$ para evitar erros!!

```c
float nota[100];
int n, i;

printf("Número de alunos: ");
scanf("%d", &n);

if (n > 100) {
    n = 100;
    printf("Numero maximo de alunos alterado para 100\n");
}

for (i = 0; i < n; i++) {
    printf("Digite a nota do aluno %d: ", i);
    scanf("%f", &nota[i]);
}
```

Exemplo: produto interno de dois vetores

Problema

Ler dois vetores de dimensão 5 e computar o produto interno (produto escalar) destes.

Quais tipos de variáveis usar?

Exemplo: produto interno de dois vetores

Abaixo temos o código para ler dois vetores de dimensão 5.

```
1  int main() {
2      double vetor1[5], vetor2[5], resultado;
3      int i;
4
5      for (i = 0; i < 5; i++) {
6          printf("Entre com valor da posição %d para vetor 1: ", i);
7          scanf("%lf", &vetor1[i]);
8      }
9      printf("\n\n");
10     for (i = 0; i < 5; i++) {
11         printf("Entre com valor da posição %d para vetor 2:", i);
12         scanf("%lf", &vetor2[i]);
13     }
14
15     /* calculando o produto interno */
16     ...
17 }
```

Exemplo: produto interno de dois vetores

Abaixo temos a parte do código para computar o produto interno dos vetores.

```
1  int main() {
2      double vetor1[5], vetor2[5], resultado;
3      int i;
4
5      ...
6
7      /* calculando o produto interno */
8      resultado = 0.0;
9      for (i = 0; i < 5; i++) {
10         resultado = resultado + (vetor1[i] * vetor2[i]);
11     }
12     printf("\n\nO produto interno é: %lf\n", resultado);
13     return 0;
14 }
```

Exemplo: produto interno de dois vetores – código completo

```c
int main() {
    double vetor1[5], vetor2[5], resultado;
    int i;

    for (i = 0; i < 5; i++) {
        printf("Entre com valor da posição %d para vetor 1: ", i);
        scanf("%lf", &vetor1[i]);
    }
    printf("\n\n");
    for (i = 0; i < 5; i++) {
        printf("Entre com valor da posição %d para vetor 2: ", i);
        scanf("%lf", &vetor2[i]);
    }
    /* calculando o produto interno */
    resultado = 0.0;
    for (i = 0; i < 5; i++)
        resultado = resultado + (vetor1[i] * vetor2[i]);
    printf("\n\nO produto interno é: %lf\n", resultado);
    return 0;
}
```

Exemplo: elementos iguais

- Ler dois vetores com 5 inteiros cada.
- Checar quais elementos do segundo vetor são iguais a algum elemento do primeiro vetor.
- Se não houver elementos em comum, o programa deve informar isso.

Exemplo: elementos iguais

Abaixo está o código que faz a leitura de dois vetores.

```
1  int main() {
2      int vetor1[5], vetor2[5];
3      int i, j, umEmComum;
4
5      for (i = 0; i < 5; i++) {
6          printf("Entre com valor da posição %d do vetor 1: ", i);
7          scanf("%d", &vetor1[i]);
8      }
9      printf("\n\n");
10     for (i = 0; i < 5; i++) {
11         printf("Entre com valor da posição %d do vetor 2: ", i);
12         scanf("%d", &vetor2[i]);
13     }
14     ...
15 }
```

Exemplo: elementos iguais

- Para cada elemento do `vetor1` testamos todos os outros elementos do `vetor2` para saber se são iguais.
- Usamos uma variável indicadora para decidir, ao final dos laços encaixados, se os vetores possuem ou não um elemento em comum.

Exemplo: elementos iguais

```c
int main() {
    int vetor1[5], vetor2[5];
    int i, j, umEmComum;
    ...
    umEmComum = 0; /* Assumimos que não haja elementos comuns */
    for (i = 0; i < 5; i++) {
        for (j = 0; j < 5; j++) {
            if (vetor1[i] == vetor2[j]) {
                umEmComum = 1;  /* Achamos um elemento comum */
                printf("vetor1[%d] == vetor2[%d]\n", i, j);
            }
        }
    }
    if (!umEmComum)
        printf("Nenhum elemento em comum!\n");
    return 0;
}
```

Informações extras: inicialização de um vetor

- Em algumas situações é necessário declarar e já atribuir um conjunto de valores constantes para um vetor.
- Em C, isto é feito atribuindo-se uma lista de elementos para o vetor na sua criação da seguinte forma:

```
1  tipo identificador[] = {elementos separados por
   ↪  vírgula};
```

- Exemplos:

```
1  double vet1[] = {2.3, 3.4, 4.5, 5.6};
2  int vet2[] = {5, 4, 3, 10, -1, 0};
```

- Note que automaticamente é criado um vetor com tamanho igual ao número de dados da inicialização.

Informações extras: inicialização de um vetor

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    double vet1[] = {2.3, 3.4, 4.5, 5.6};
    int vet2[] = {5, 4, 3, 10, -1, 0};
    int i;

    for (i = 0; i < 4; i++)
        printf("%lf\n", vet1[i]);

    for (i = 0; i < 6; i++)
        printf("%d\n", vet2[i]);

    return 0;
}
```

Strings

Strings em C

- A linguagem C não possui o tipo *string* explicitamente, mas podemos considerar um vetor de caracteres como uma string.
- Em C, uma string é sempre terminada pelo caractere '\0'.

Definição

Uma string em C corresponde a um vetor de caracteres terminado pelo caractere especial '\0'.

- Sempre declare uma string com um caractere a mais do que precisa, já que também será preciso armazenar o '\0'.
  - Se por exemplo, estivermos trabalhando com strings de 10 caracteres, declare uma variável com tamanho 11:

```
1  char st[11];
```

Strings em C

Lembre-se: o caractere '\0' identifica o final da string.

No programa abaixo gostaríamos que fosse impresso "ola".

```
1  int main() {
2      char st[80];
3
4      st[0] = 'o';
5      st[1] = 'l';
6      st[2] = 'a';
7
8      printf("%s\n", st);
9      return 0;
10 }
```

Mas às vezes será impresso uma palavra diferente, como "ola8uj?", pois não identificamos o final da string.

Strings em C

A versão correta do programa seria esta abaixo.

```c
int main() {
    char st[80];

    st[0] = 'o';
    st[1] = 'l';
    st[2] = 'a';
    st[3] = '\0';

    printf("%s\n", st);
    return 0;
}
```

Note que a variável `st` pode armazenar strings com até 79 caracteres, mas neste exemplo só estamos usando 3 (além do '\0').

Leitura e escrita de strings

Para ler/imprimir uma string do teclado usamos o operador **%s**.

```c
int main() {
    char st[80];
    int id;

    printf("Entre com o nome: ");
    scanf("%s", st);
    printf("Entre com a idade:");
    scanf("%d", &id);

    printf("Digitado: %s e %d\n", st, id);
    return 0;
}
```

Note que para strings não é utilizado o & antes do identificador da variável no comando `scanf`.

O `scanf` automaticamente coloca um '\0' ao final da string lida.

Leitura e escrita de strings

`scanf` com %s termina a leitura em uma quebra de linha ou um espaço.

```
1  char st[80];
2  int id;
3  printf("Entre com o nome: ");
4  scanf("%s", st);
5  printf("Entre com a idade: ");
6  scanf("%d", &id);
7  printf("Digitado: %s e %d\n", st, id);
```

No exemplo acima, se digitarmos

```
1  Joao da Silva
2  19
```

será salvo apenas "Joao" em `st`, e um valor diferente de 19 em `id`, porque o `scanf` lê a string até o primeiro espaço, e converte o próximo dado (que é a string "da") em um inteiro.

Leitura e escrita de strings

- Para ler strings **incluindo espaços** use o comando `fgets`:

```
1  fgets(identificador, limite, stdin);
```

onde `identificador` é o nome da variável para onde será lida a string, `limite - 1` é a quantidade máxima de caracteres que poderá ser lida, e `stdin` é uma palavra reservada que indica que a leitura se dará da entrada padrão.

- Serão lidos todos os caracteres até uma quebra de linha, e todos serão armazenados na variável `identificador`, **incluindo o caractere de quebra de linha**, a menos que `limite-1` caracteres tenham sido lidos, caso em que a função para a leitura antes da quebra de linha.
- A função inclui um '\0' na posição final, após os caracteres lidos.

Leitura e escrita de strings

```
1  char st[80];
2  int id;
3
4  printf("Entre com o nome: ");
5  fgets(st, 80, stdin);
6  printf("Entre com a idade: ");
7  scanf("%d", &id);
```

No exemplo acima se digitarmos

```
1  Joao da Silva
2  19
```

Será salvo "Joao da Silva\n\0" em `st`, e o valor 19 em `id`.

Como `st` pode armazenar até 80 caracteres, usamos este valor como parâmetro para o limite de caracteres que podem ser lidos do teclado, já que serão lidos até 79, e deve ser incluído o '\0' no final.

Leitura e escrita de strings

- Em geral é mais seguro usar o `fgets` do que o `scanf`, pois o primeiro especifica o tamanho máximo da string a ser lida.
- Se um usuário digitar uma string maior do que o vetor declarado, o `scanf` pode dar problemas pois irá ler todos caracteres até um espaço ou '\n', sobrescrevendo posições inválidas da memória.
- Existe um ataque conhecido como *buffer overflow* que explora justamente este problema do `scanf`.
- Já o `fgets` sempre lê uma string de até o máximo especificado.

Inicialização de strings

- Em algumas situações, ao criarmos uma string, pode ser útil atribuir valores já na sua criação.
- No caso de strings, podemos atribuir diretamente uma constante string para a variável.

```
1  char st[100] = "sim, isto é possível";
```

- O comando de inicialização automaticamente insere o caractere '\0' no final da string.
- Atribuições posteriores à inicialização, no entanto, não são permitidas!

Strings: exemplos

Problema

Ler uma string de até 79 caracteres (incluindo '\n') e imprimir sua inversa.

Strings: exemplos

Primeiramente encontramos a posição final da string.

```
1  int main() {
2      char st[80], stInv[80];
3      int i, j, fim;
4
5      fgets(st, 80, stdin);
6
7      /* Determinamos o final da string */
8      fim = 0;
9      while (st[fim] != '\0' && st[fim] != '\n')
10         fim++;
11     ...
12 }
```

Strings: exemplos

Depois escrevemos os caracteres em `stInv` na ordem inversa de aparição em `st`.

```
1  int main() {
2      char st[80], stInv[80];
3      int i, j, fim;
4      ...
5      /* Escrevemos os caracteres na inversa */
6      i = fim - 1;
7      j = 0;
8      while (j < fim) {
9          stInv[j] = st[i];
10         i--;
11         j++;
12     }
13     stInv[fim] = '\0';
14
15     printf("Inversa:\n%s\n", stInv);
16     return 0;
17 }
```

Strings: exemplos

A mesma coisa mas com laço `for`:

```
1  int main() {
2      char st[80], stInv[80];
3      int i, j, fim;
4      fgets(st, 80, stdin);
5
6      /* Determinamos o final da string */
7      for (fim = 0; st[fim] != '\0' && st[fim] != '\n'; fim++);
8
9      /* Escrevemos os caracteres na inversa, stInv */
10     for (i = fim-1, j = 0; j < fim; i--, j++)
11         stInv[j] = st[i];
12     stInv[fim] = '\0';
13
14     printf("Inversa:\n%s\n", stInv);
15     return 0;
16 }
```

Biblioteca `string.h`

- A biblioteca `string.h` possui várias funções úteis para se trabalhar com strings.
- Algumas funções comuns são:
  - `char *strcat(char *s1, const char *s2)` – Para fazer a concatenação de strings.
  - `int strcmp(const char *s1, const char *s2)` – Para fazer a comparação lexicográfica (utilizada em ordenação) de duas strings.
  - `char *strcpy(char *s1, const char *s2)` – Para fazer a cópia de strings.
  - `int strlen(const char *s1)` – Para se determinar o tamanho de uma string.

Processamento de texto

- Como exemplo de uso de strings vamos implementar duas funcionalidades básicas de processadores de texto:
  1. Contar o número de palavras em um texto.
  2. Fazer a busca de uma palavra em um texto.

Processamento de texto

Vamos contar o número de palavras em textos sem pontuação:

```c
int main() {
    char s[80];
    int i = 0, n = 0;
    fgets(s, 80, stdin);
    /* Enquanto não terminar o texto: */
    while (s[i] != '\n' && s[i] != '\0') {
        while (s[i] == ' ') /* Pula espaços */
            i++;
        /* Achou o começo de uma palavra ou o fim do texto: */
        if (s[i] != '\n' && s[i] != '\0') { /* Se achou uma palavra */
            n++; /* Incrementa número de palavras */
            while (s[i] != ' ' && s[i] != '\n' && s[i] != '\0')
                i++; /* Passa pela palavra */
        }
    }
    printf("Total de palavras: %d\n", n);
    return 0;
}
```

Processamento de texto

Problema

Fazer um programa que acha todas as posições iniciais de ocorrência de uma palavra em um texto (de tam. no máximo 79, incluindo incluindo '\n').

Exemplo:

```
1  Texto="a lala lalaland"
2  Palavra="lala"
3
4  A resposta é 2, 7 e 9.
```

Processamento de texto

Ideia do algoritmo:

- Para cada possível posição no texto onde a palavra **pode** iniciar, precisamos checar se a palavra ocorre a partir daquela posição ou não.
- Seja `tamT` (resp. `tamP`) o tamanho do texto (resp. tamanho da palavra).
- Note que as posições válidas onde a palavra pode iniciar no texto vão de `0` até `tamT - tamP`.

Processamento de texto

```
1  int main() {
2      char tex[80], pal[80];
3      int i, j, iguais;
4      int tamP, tamT;
5
6      printf("Digite o texto: ");
7      fgets(tex, 80, stdin);
8      printf("Digite a palavra: ");
9      fgets(pal, 80, stdin);
10
11     tamP = strlen(pal) - 1;
12     tamT = strlen(tex) - 1; /* O "- 1" é devido ao \n */
13
14     for (i = 0; i <= tamT - tamP; i++) {
15         /* Dado i, testar se palavra ocorre a partir de i */
16         ...
```

Processamento de texto

Como testar se a palavra ocorre exatamente a partir de uma posição `i`? Checamos se todos os caracteres da palavra são iguais aos do texto a partir de `i`.

```
1           /* Dado i, testar se palavra ocorre a partir de i */
2           j = 0;
3           iguais = 1;
4           while (j < tamP && iguais) {
5               if (pal[j] != tex[i+j])
6                   iguais = 0;
7               j++;
8           }
9           if (iguais)
10              printf("%d\n", i);
11      }
12      return 0;
13  }
```

Vetores em funções

Vetores em funções

- Vetores também podem ser passados como parâmetros em funções.
- Ao contrário dos tipos simples, vetores têm um comportamento diferente quando usados como parâmetros de funções.
- Quando uma variável simples é passada como parâmetro, seu valor é atribuído para uma nova variável local da função.
- No caso de vetores, **não é criado** um novo vetor!
- Isto significa que os valores de um vetor **são alterados** dentro de uma função!

Vetores em funções

```c
#include <stdio.h>

void fun1(int vet[], int tam) {
    int i;
    for (i = 0; i < tam; i++)
        vet[i] = 5;
}

int main() {
    int x[10], i;

    for (i = 0; i < 10; i++)
        x[i] = 8;

    fun1(x, 10);
    for (i = 0; i < 10; i++)
        printf("%d\n", x[i]);

    return 0;
}
```

Vetores em funções

- Vetores não podem ser devolvidos por funções.
- Mesmo assim, podemos obter um resultado parecido com isso, usando o fato de que vetores são alterados dentro de funções.

```
1  int[] leVet() {
2      int i, vet[100];
3      for (i = 0; i < 100; i++) {
4          printf("Digite um numero: ");
5          scanf("%d", &vet[i]);
6      }
7  }
```

O código acima **não compila**, pois não podemos retornar um `int[]` .

Vetores em funções

Como um vetor é alterado dentro de uma função, podemos criar a seguinte função:

```c
#include <stdio.h>

void leVet(int vet[], int tam) {
    int i;
    for (i = 0; i < tam; i++) {
        printf("Digite numero: ");
        scanf("%d", &vet[i]);
    }
}

void escreveVet(int vet[], int tam) {
    int i;
    for (i = 0; i < tam; i++)
        printf("vet[%d] = %d\n", i, vet[i]);
}
```

Vetores em funções

```
1  int main() {
2      int vet1[10], vet2[20];
3
4      printf(" ------ Vetor 1 --------\n");
5      leVet(vet1, 10);
6      printf(" ------ Vetor 2 --------\n");
7      leVet(vet2, 20);
8
9      printf(" ------ Vetor 1 --------\n");
10     escreveVet(vet1, 10);
11     printf(" ------ Vetor 2 --------\n");
12     escreveVet(vet2, 20);
13
14     return 0;
15 }
```

Matrizes e vetores multidimensionais

Matrizes e vetores multidimensionais

- Matrizes e vetores multidimensionais são generalizações de vetores simples vistos anteriormente.
- Suponha por exemplo que devemos armazenar as notas de cada aluno em cada laboratório de PE.
- Podemos alocar 15 vetores (um para cada lab) de tamanho 50 (tamanho da turma), onde cada vetor representa as notas de um laboratório específico.

```
1  double lab1[50], lab2[50], ...., lab15[50];
```

- Matrizes e vetores multidimensionais permitem fazer a mesma coisa, mas com todas as informações sendo acessadas por um único nome (ao invés de 15 nomes distintos).

Declaração de matrizes

- A criação de uma matriz é feita com a seguinte sintaxe:

```
1  tipo nome_da_matriz[linhas][colunas];
```

  onde `tipo` é o tipo de dados que a matriz armazenará, `linhas` (resp. `colunas`) é um inteiro que especifica o número de linhas (resp. colunas) que a matriz terá.

- A matriz criada equivale a `linhas` $\times$ `colunas` variáveis do tipo `tipo`.
- As linhas são numeradas de 0 a `linhas-1`.
- As colunas são numeradas de 0 a `colunas-1`.

Exemplo de declaração de matriz

```
int matriz[4][4];
```

	0	1	2	3
0				
1				
2				
3				

Acessando dados de uma matriz

- Em qualquer lugar onde você usaria uma variável no seu programa, você pode usar um elemento específico de uma matriz da seguinte forma:

```
1  nome_da_matriz[ind_linha][ind_coluna]
```

onde `ind_linha` (resp. `ind_coluna`) é um índice inteiro especificando a linha (resp. coluna) a ser acessada.

- No exemplo abaixo é atribuído para `aux` o valor armazenado na variável da 1^a linha e 11^a coluna da matriz:

```
1  int matriz[100][200];
2  int aux;
3  ...
4  aux = matriz[0][10];
```

Acessando dados de uma matriz

- O compilador não verifica se você utilizou valores válidos para acessar a linha e a coluna!
- Assim como vetores unidimensionais, comportamentos anômalos do programa podem ocorrer em caso de acesso a posições inválidas de uma matriz.

Declarando vetores multidimensionais

- Para se declarar um vetor com 3 ou mais dimensões usamos a seguinte sintaxe:

```
1  tipo nome_vetor[d_1][d_2]...[d_n];
```

onde d_i, para $i = 1, \ldots, n$, é um inteiro que especifica o tamanho do vetor na i-ésima dimensão.

- O vetor criado equivale $d_1 \times d_2 \times \cdots \times d_n$ variáveis do tipo `tipo`.
- Cada dimensão i pode ser acessada por índices entre 0 e $d_i - 1$.

Declarando vetores multidimensionais

Você pode criar por exemplo uma matriz para armazenar a quantidade de chuva em um dado dia, mês e ano, para cada um dos últimos 3000 anos:

```
1 double chuva[3000][12][31];
2
3 chuva[1979][3][23] = 6.0;
```

Exemplos com matrizes

Lendo uma matriz $\ell \times c$ de inteiros:

```
1  for (i = 0; i < l; i++)
2      for (j = 0; j < c; j++)
3          scanf("%d", &mat[i][j]);
```

Imprimindo a matriz:

```
1  for (i = 0; i < l; i++) {
2      for (j = 0; j < c; j++)
3          printf("%d ", mat[i][j]);
4      printf("\n");
5  }
```

Vetores multidimensionais e funções

- Ao passar um **vetor simples** como parâmetro, não é necessário fornecer o seu tamanho na declaração da função.
- Quando o vetor é multidimensional a possibilidade de não informar o tamanho na declaração se restringe à primeira dimensão apenas.

```
1 void mostra_matriz(int mat[][10], int n_linhas) {
2     ...
3 }
```

Vetores multidimensionais e funções

- Pode-se criar uma função deixando de indicar a primeira dimensão:

```
1  void mostra_matriz(int mat[][10], int n_linhas) {
2      ...
3  }
```

- Ou pode-se criar uma função indicando todas as dimensões:

```
1  void mostra_matriz(int mat[5][10], int n_linhas) {
2      ...
3  }
```

- Mas não pode-se deixar de indicar outras dimensões (exceto a primeira):

```
1  void mostra_matriz(int mat[5][], int n_linhas) {
2      /* ESTE NÃO FUNCIONA */
3      ...
4  }
```

Vetores multidimensionais em funções

```
1  void mostra_matriz(int mat[][10], int n_linhas) {
2      int i, j;
3      for (i = 0; i < n_linhas; i++) {
4          for (j = 0; j < 10; j++)
5              printf("%2d ", mat[i][j]);
6          printf("\n");
7      }
8  }
9  int main() {
10   int mat[][10] = {
11       { 0,  1,  2,  3,  4,  5,  6,  7,  8,  9},
12       {10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19},
13       {20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29},
14       {30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39},
15       {40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49},
16       {50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59},
17       {60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69}};
18     mostra_matriz(mat, 7);
19     return 0;
20 }
```

Vetores multidimensionais em funções

Lembre-se que vetores (multidimensionais ou não) **são alterados** quando passados como parâmetro em uma função.

```
1  void teste(int mat[2][2]) {
2      int i, j;
3      for (i = 0; i < 2; i++) {
4          for (j = 0; j < 2; j++) {
5              mat[i][j] = -1;
6          }
7      }
8  }
9
10 int main() {
11     int mat[2][2] = {{0, 1}, {2, 3}};
12     teste(mat);
13     /* Neste ponto mat tem quais valores em suas posições? */
14     return 0;
15 }
```

Exemplo

Criar aplicações com operações básicas sobre matrizes:

- Soma de 2 matrizes com dimensões $\ell \times c$.
- Multiplicação de 2 matrizes com dimensões $\ell \times c$ e $c \times t$.

Exemplo: lendo e imprimindo uma matriz

Código para fazer a leitura e a impressão de uma matriz:

```c
#include <stdio.h>
#define MAX_SIZE 100

void readMat(double mat[MAX_SIZE][MAX_SIZE], int l, int c) {
    int i, j;
    /* leitura linha por linha: */
    for (i = 0; i < l; i++)
        for (j = 0; j < c; j++)
            scanf("%lf", &mat[i][j]);
}
```

- `MAX_SIZE` é uma constante inteira definida com valor 100 (tam. máx. matriz).
- Note porém que o tamanho efetivo da matriz é o número de linhas `l` ≤ 100 e colunas `c` ≤ 100 passado como parâmetros.

Exemplo: lendo e imprimindo uma matriz

Agora o código da função que faz a impressão de uma matriz:

```
1  void printMat(double mat[MAX_SIZE][MAX_SIZE], int l, int c) {
2      int i, j;
3
4      /* impressão linha por linha: */
5      for (i = 0; i < l; i++) {
6          for (j = 0; j < c; j++)
7              printf("%.2lf \t", mat[i][j]);
8          printf("\n");
9      }
10 }
```

Para imprimir linha por linha, fixada uma linha i, imprimimos todas colunas j desta linha e ao final do laço sobre j, imprimimos uma quebra de linha, para impressão da próxima linha.

Exemplo: lendo e imprimindo uma matriz

```c
#include <stdio.h>
#define MAX_SIZE 100

void readMat(double mat[MAX_SIZE][MAX_SIZE], int l, int c);
void printMat(double mat[MAX_SIZE][MAX_SIZE], int l, int c);

int main() {
    double m1[MAX_SIZE][MAX_SIZE], m2[MAX_SIZE][MAX_SIZE],
    ↪  m3[MAX_SIZE][MAX_SIZE];
    int l1, c1, l2, c2, l3, c3;

    scanf("%d %d", &l1, &c1);
    scanf("%d %d", &l2, &c2);
    readMat(m1, l1, c1);
    readMat(m2, l2, c2);
    printMat(m1, l1, c1);
    printMat(m2, l2, c2);

    return 0;
}
```

Exemplo: soma de matrizes

Vamos implementar a funcionalidade de soma de matrizes.

A função recebe como parâmetro as matrizes que devem ser somadas e também a matriz resposta `mat3`.

```
1  int soma(double mat1[][MAX_SIZE], int l1, int c1, double
    ↪  mat2[][MAX_SIZE], int l2, int c2, double mat3[][MAX_SIZE]) {
2      int i, j;
3
4      if (c1 != c2 || l1 != l2)
5          return 0;
6
7      /* Código que soma as matrizes */
8      return 1;
9  }
```

A função devolve 1 se a soma foi feita (matrizes de dimensões compatíveis) ou 0 caso contrário (matrizes de dimensões incompatíveis).

Exemplo: soma de matrizes

Para realizar a soma, para cada posição (i, j) da matriz resposta fazemos

`mat3[i][j] = mat1[i][j] + mat2[i][j];` de forma o resultado da soma das matrizes estará em `mat3`.

```
1  int soma(double mat1[][MAX_SIZE], int l1, int c1, double
    ↪  mat2[][MAX_SIZE], int l2, int c2, double mat3[][MAX_SIZE]) {
2      int i, j;
3
4      if (c1 != c2 || l1 != l2)
5          return 0;
6
7      for (i = 0; i < l1; i++)
8          for (j = 0; j < c1; j++)
9              mat3[i][j] = mat1[i][j] + mat2[i][j];
10     return 1;
11 }
```

Exemplo: soma de matrizes

Com as funções anteriores podemos alterar adicionar à função `main` o seguinte trecho de código:

```
1  int main() {
2      double m1[MAX_SIZE][MAX_SIZE], m2[MAX_SIZE][MAX_SIZE],
   ↪   m3[MAX_SIZE][MAX_SIZE];
3      int l1, c1, l2, c2, l3, c3;
4      ...
5      if (soma(m1, l1, c1, m2, l2, c2, m3)) {
6          l3 = l1;
7          c3 = c1;
8          printf("Resultado da soma:\n");
9          printMat(m3, l3, c3);
10     }
11     return 0;
12 }
```

Exemplo: multiplicação de matrizes

- Vamos implementar a funcionalidade de multiplicação de matrizes.
- Vamos multiplicar duas matrizes M_1 e M_2 (de dimensões $\ell_1 \times c_1$ e $\ell_2 \times c_2$ com $c_1 = \ell_2$).
- O resultado será uma terceira matriz M_3 (de dimensões $\ell_1 \times c_2$).
- Lembre-se que uma posição (i, j) de M_3 terá o produto interno do vetor linha i de M_1 com o vetor coluna j de M_2:

$$M_3[i, j] = \sum_{k=0}^{c_1-1} M_1[i, k] \cdot M_2[k, j]$$

Exemplo: multiplicação de matrizes

O código da multiplicação está abaixo: para cada posição (i, j) de `mat3` devemos computar

$$\text{mat3}[i, j] = \sum_{k=0}^{c_1 - 1} \text{mat1}[i, k] \cdot \text{mat2}[k, j]$$

```
1  ...
2  for (i = 0; i < l1; i++) {
3      for (j = 0; j < c2; j++) {
4          mat3[i][j] = 0;
5          for (k = 0; k < c1; k++) {
6              mat3[i][j] = mat3[i][j] + (mat1[i][k] * mat2[k][j]);
7          }
8      }
9  }
10 ...
```

Exemplo: multiplicação de matrizes

Abaixo temos a função que devolve 1 caso a multiplicação possa ser feita e 0 caso contrário.

```
1  int mult(double mat1[][MAX_SIZE], int l1, int c1, double
    ↪  mat2[][MAX_SIZE], int l2, int c2, double mat3[][MAX_SIZE]) {
2      int i, j, k;
3      if (c1 != l2)
4          return 0;
5
6      for (i = 0; i < l1; i++) {
7          for (j = 0; j < c2; j++) {
8              mat3[i][j] = 0;
9              for (k = 0; k < c1; k++)
10                 mat3[i][j] = mat3[i][j] + (mat1[i][k] * mat2[k][j]);
11         }
12     }
13     return 1;
14 }
```

Exemplo: multiplicação de matrizes

Com as funções anteriores podemos alterar adicionar à função `main` o seguinte trecho de código:

```
1  int main() {
2      double m1[MAX_SIZE][MAX_SIZE], m2[MAX_SIZE][MAX_SIZE],
   ↪   m3[MAX_SIZE][MAX_SIZE];
3      int l1, c1, l2, c2, l3, c3;
4
5      ...
6
7      if (mult(m1, l1, c1, m2, l2, c2, m3)) {
8          l3 = l1;
9          c3 = c2;
10         printf("Resultado da multiplicacao:\n");
11         printMat(m3, l3, c3);
12     }
13     return 0;
14 }
```

Informações extras: inicialização de matrizes

- No caso de matrizes, usa-se chaves para delimitar as linhas:

Exemplo

```
int vet[2][5] = {
  {10, 20, 30, 40, 50},
  {60, 70, 80, 90, 100 }};
```

- No caso tridimensional, cada índice da primeira dimensão se refere a uma matriz inteira:

Exemplo

```
int v3[2][3][4] = {
  {{1, 2, 3, 4}, {5, 6, 7, 8}, {9, 10, 11, 12}},
  {{0, 0, 0, 0}, {5, 6, 7, 8}, {0, 0, 0, 0}}};
```

Informações extras: inicialização de matrizes

```
1  int main() {
2      int i, j, k;
3      int v1[5] = {1,2,3,4,5};
4      int v2[2][3] = {{1,2,3}, {4,5,6}};
5      int v3[2][3][4] = {
6        {{1, 2, 3, 4}, {5, 6, 7, 8}, {9, 10, 11, 12}},
7        {{0, 0, 0, 0}, {5, 6, 7, 8}, {0, 0, 0, 0}}};
8      ...
9  }
```

+Recursão

Exemplo: soma de elementos de um vetor

Problema

Dado vetor v de tamanho tam, calcular a soma dos elementos da posição 0 até $tam - 1$.

- Como podemos descrever este problema de forma recursiva? Isto é, como podemos descrever este problema em função de si mesmo?
- Vamos denotar por $S(n)$ a soma dos elementos das posições 0 até n do vetor. Portanto, devemos achar $S(tam - 1)$.
- O valor de $S(n)$ pode ser calculado com a seguinte definição recursiva:
  - Se $n = 0$, então $S(0) = v[0]$.
  - Se $n > 0$, então $S(n) = v[n] + S(n - 1)$.

Algoritmo em C

```c
int soma(int v[], int n) {
    if (n == 0)
        return v[0];
    else
        return v[n] + soma(v, n-1);
}
```

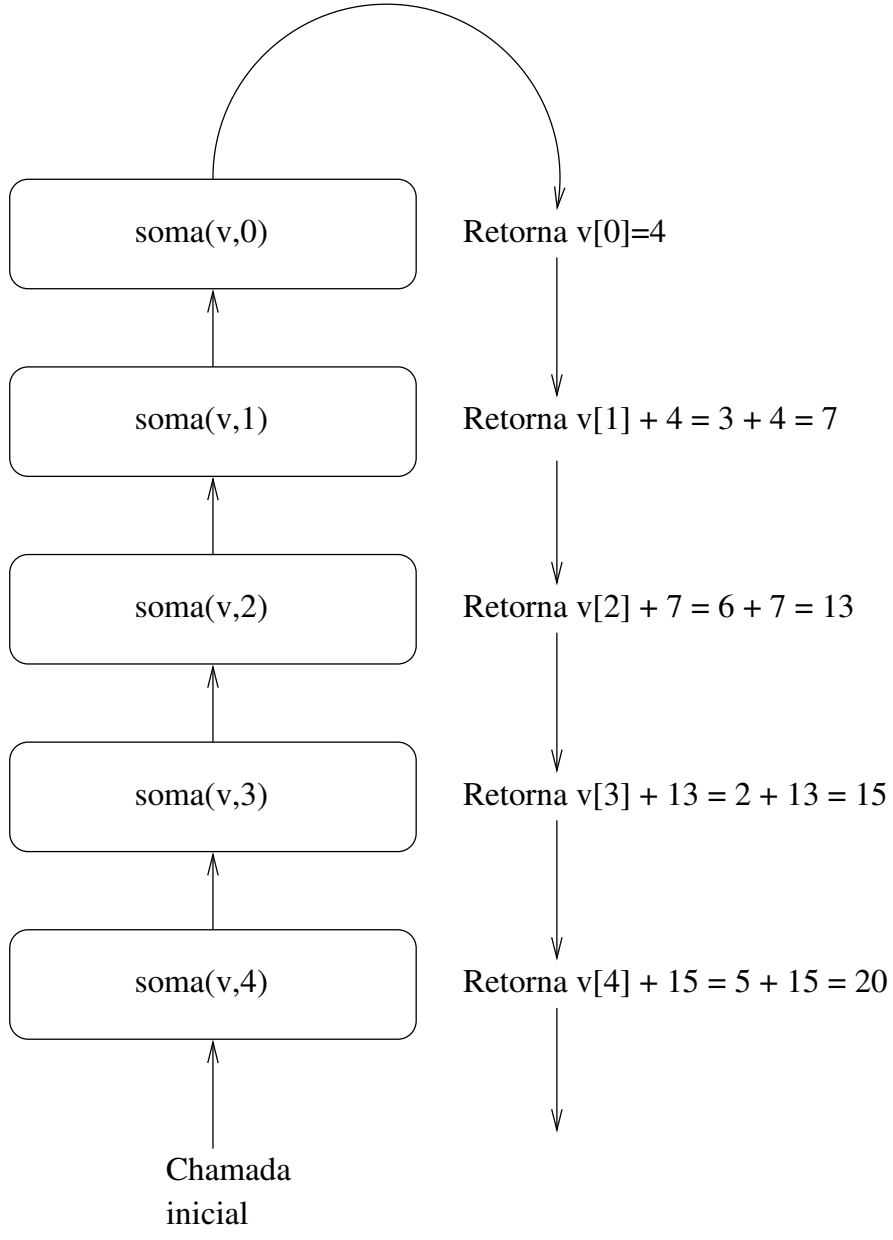
Algoritmo em C – exemplo de uso

```c
#include <stdio.h>

int soma(int v[], int n);

int main() {
    int vet[5] = {4, 3, 6, 2, 5};
    printf("%d\n", soma(vet, 4));
    return 0;
}

int soma(int v[], int n) {
    if (n == 0)
        return v[0];
    return v[n] + soma(v, n-1);
}
```

Na chamada, o segundo parâmetro é o índice da última posição do vetor.

Exemplo de execução

$V = (4, 3, 6, 2, 5)$



Soma de vetor

Neste problema, a solução iterativa seria melhor (não há criação de variáveis das chamadas recursivas):

```
1  int calcula_soma(int[] v, int n) {
2      int soma = 0, i;
3      for (i = 0; i <= n; i++)
4          soma = soma + v[i];
5      return soma;
6  }
```

Informações extras: biblioteca

`string.h`

Biblioteca `string.h`

A função `strcat` faz concatenação de strings.

Ela recebe duas strings como parâmetro e concatena a string dada no segundo parâmetro no final da string dada no primeiro parâmetro.

Deve haver espaço suficiente na primeira string, caso contrário ocorrerá um erro.

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

int main() {
    char s1[80] = "ola ", s2[80] = "turma de PE!";
    /* concatena s2 no final de s1: */
    strcat(s1, s2);
    printf("%s\n", s1);
    return 0;
}
```

Biblioteca `string.h`

A função `strcmp` compara duas strings.

Ela recebe duas strings `s1` e `s2` como parâmetro e devolve:

- 0, caso as duas strings sejam iguais.
- um valor menor que 0, caso `s1` seja lexicograficamente menor que `s2`.
- um valor maior que 0, caso `s1` seja lexicograficamente maior que `s2`.

Biblioteca string.h

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

int main() {
    char s1[80] = "aab", s2[80] = "aac";
    int r;
    r = strcmp(s1, s2);
    if (r < 0)
        printf("%s vem antes que %s\n", s1, s2);
    else if (r > 0)
        printf("%s vem antes que %s\n", s2, s1);
    else
        printf("sao iguais\n");
    return 0;
}
```

Biblioteca `string.h`

A função `strcpy` faz cópia de strings.

Ela recebe duas strings como parâmetro e copia a string dada no segundo parâmetro na string dada no primeiro parâmetro.

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

int main() {
    char s1[80], s2[80] = "ola pessoal";
    strcpy(s1, s2);
    printf("%s\n", s1);
    return 0;
}
```

A saída será

```
ola pessoal
```

Biblioteca `string.h`

A função `strlen` calcula o tamanho de uma string.

Ela recebe uma string como parâmetro e devolve o número de caracteres na string até o '\0'.

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <string.h>
3
4  int main() {
5      char s1[80] = "ola pessoal";
6      int t = strlen(s1);
7      printf("%d\n", t);
8      return 0;
9  }
```

A saída será

```
1  11
```

Informações extras: representação de matrizes por linearização

Informações extras: linearização de índices

- Podemos usar sempre vetores simples para representar matrizes (na prática o compilador faz isto por você).
- Ao declarar uma matriz como `int mat[3][4]`, sabemos que serão alocadas 12 posições de memória associadas com a variável `mat`.
- Poderíamos simplesmente criar `int mat[12]`, mas perderíamos a simplicidade de uso dos índices em forma de matriz.
  - Você não mais poderá escrever `mat[1][3]`, por exemplo.

Informações extras: linearização de índices

- A *linearização de índices* é justamente a representação de matrizes usando-se um vetor simples.
- Mas devemos ter um padrão para acessar as posições deste vetor como se sua organização fosse na forma de matriz.

Informações extras: linearização de índices

- Considere o exemplo:

```
int mat[12]; /* em vez de int mat[3][4] */
```

- Fazemos a divisão por linhas como segue:
  - Primeira linha: `mat[0]` até `mat[3]`
  - Segunda linha: `mat[4]` até `mat[7]`
  - Terceira linha: `mat[8]` até `mat[11]`
- Para acessar uma posição `[i][j]` usamos:

```
mat[i * 4 + j];
```

onde $0 \leq i \leq 2$ e $0 \leq j \leq 3$.

Informações extras: linearização de índices

- De forma geral, seja matriz `mat[n * m]`, representando `mat[n][m]`.
- Para acessar a posição correspondente à `[i][j]` usamos:
  `mat[i * m + j];`
  onde $0 \leq i \leq n - 1$ e $0 \leq j \leq m - 1$.
- Note que i "pula" blocos de tamanho m, e j indexa a posição dentro de um bloco.

Informações extras: linearização de índices

- Podemos estender para mais dimensões.
- Seja matriz `mat[n * m * q]`, representando `mat[n][m][q]`.
  - As posições de 0 até $(m * q) - 1$ são da primeira matriz.
  - As posições de $(m * q)$ até $(2 * m * q) - 1$ são da segunda matriz.
  - etc...
- Para acessar a posição correspondente à $[i][j][k]$ usamos:

```
mat[i * m * q + j * q + k];
```

Informações extras: linearização de índices

```c
int main() {
    int mat[40]; /* representando mat[5][8] */
    int i, j;

    for (i = 0; i < 5; i++)
        for(j = 0; j < 8; j++)
            mat[i * 8 + j] = i * j;

    for (i = 0; i < 5; i++) {
        for(j = 0; j < 8; j++)
            printf("%d, ", mat[i * 8 + j]);
        printf("\n");
    }
    return 0;
}
```

Exercícios

Exercício 1

Escreva um programa que lê 10 números inteiros e os salva em um vetor. Em seguida o programa deve encontrar a posição do maior elemento do vetor e imprimir esta posição.

Exercício 2

Escreva um programa que lê 10 números ponto flutuante e os salva em um vetor. Em seguida o programa deve calcular a média dos valores armazenados no vetor e imprimir este valor.

Exercício 3

Escreva um programa que lê 10 números inteiros e os salva em um vetor. Em seguida o programa deve ler um outro número inteiro C. O programa deve então encontrar dois números em posições distintas do vetor cuja multiplicação seja C e imprimí-los. Caso não existam tais números, o programa deve informar isto.

Exemplo: Se $vetor = (2, 4, 5, -10, 7)$ e $C = 35$, então o programa deve imprimir "5 e 7". Se $C = -1$, então o programa deve imprimir "Não existem tais números".

Exercício 4

Escreva um programa que lê uma string de até 50 caracteres, e imprime “Palindromo” caso a string seja um palindromo e “Nao Palindromo” caso contrário.

Obs.: Um palíndromo é uma palavra ou frase que é igual quando lida da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda (espaços em brancos são descartados).

Assuma que as palavras são todas escritas em letras minúsculas e sem acentos.

Exemplo de palíndromo: ”saudavel leva duas”.

Exercício 5

Refaça o exemplo visto em aula de inversão de uma string de tal forma que não seja utilizado nenhum vetor adicional!

Isto é, devemos computar a inversa no próprio vetor onde a string foi lida.

Exercício 6

Faça um programa para realizar operações com matrizes que tenha as seguintes funcionalidades:

- Um menu para escolher a operação a ser realizada:
  1. Leitura de uma matriz M_1.
  2. Leitura de uma matriz M_2.
  3. Impressão das matrizes M_1 e M_2.
  4. Impressão da soma de M_1 com M_2.
  5. Impressão da multiplicação de M_1 com M_2.
  6. Impressão da subtração de M_2 de M_1.
  7. Impressão da transposta de M_1 e M_2.

Exercício 7

Escreva um programa que leia todas as posições de uma matriz 10×10.

O programa deve então exibir o número de posições não nulas na matriz.

Exercício 8

Escreva um programa que lê todos os elementos de uma matriz 4×4 e mostra a matriz e a sua transposta na tela.

Matriz

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Transposta

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 2 \end{bmatrix}$$

Exercício 9

Escreva um programa que lê uma matriz do teclado e então imprime os elementos com menor e maior frequência de ocorrência na matriz.

Exercício 10

Escreva um algoritmo iterativo que, dado um inteiro n e um vetor de inteiros v de tamanho t, devolve um inteiro i tal que $v[i] == n$ ou -1 caso n não esteja presente em v.

Reescreva o algoritmo acima de maneira recursiva.

Exercício 11

Escreva um programa que lê uma palavra do teclado e então imprime todas as permutações desta palavra.

Se por exemplo for digitado “abca” o seu programa deveria imprimir:

```
1  aabc
2  aacb
3  abac
4  abca
5  acab
6  acba
7  baac
8  baca
9  bcaa
10 caab
11 caba
12 cbaa
```

Exercício 12

Mostre a execução da função `imprime`. O que será impresso?

```
1  #include <stdio.h>
2
3  void imprime(int v[], int i, int n);
4
5  int main() {
6      int vet[] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};
7      imprime(vet, 0, 9);
8      printf("\n");
9      return 0;
10 }
11 void imprime(int v[], int i, int n) {
12     if (i == n) {
13         printf("%d, ", v[i]);
14     } else {
15         imprime(v, i+1, n);
16         printf("%d, ", v[i]);
17     }
18 }
```