

MC102 – Algoritmos e Programação de Computadores

Instituto de Computação

UNICAMP

Segundo Semestre de 2013

Roteiro

- 1 Ponteiros
- 2 Passagem de parâmetros por valor e por referência
- 3 Aritmética de ponteiros
- 4 Ponteiros e vetores
- 5 Alocação dinâmica de memória
- 6 Alocação dinâmica de matrizes
- 7 Exercícios

Ponteiro

- Ponteiros são tipos especiais de dados que armazenam endereços de memória.
- Uma variável do tipo ponteiro deve ser declarada da seguinte forma:

```
tipo *nome_variável;
```

- A variável ponteiro armazenará um endereço de memória de uma outra variável do tipo especificado.

Exemplos:

```
int *mema;  
float *memb;
```

`mema` armazena endereço de memória de variáveis do tipo `int`.

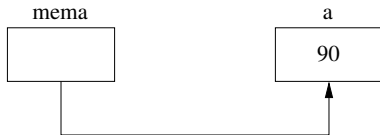
`memb` armazena endereço de memória de variáveis do tipo `float`.

Operadores de ponteiro

- Existem dois operadores relacionados a ponteiros:
 - O operador `&` retorna o endereço de memória de uma variável:

```
int *mema;  
int a = 90;  
mema = &a;
```
 - O operador `*` retorna o conteúdo do endereço indicado pelo ponteiro:

```
printf("%d", *mema);
```



Operadores de ponteiro

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int b;
    int *c;

    b = 10;
    c = &b;
    *c = 11;
    printf("%d\n", b);
    return 0;
}
```

O que será impresso?

11

Operadores de ponteiro

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int num, q = 1;
    int *p;

    num = 100;
    p = &num;
    q = *p;

    printf("%d\n", q);
    return 0;
}
```

O que será impresso?

100

Operadores de ponteiro

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a = 3, b = 2;
    int *p, *q;

    p = &a;
    q = p;
    *q = *q + 1;
    q = &b;
    b = b + 1;

    printf("%d, d\n", *q, *p);

    return 0;
}
```

O que será impresso?

3, 4

Cuidados com uso de ponteiros

- Não se pode atribuir um valor ao endereço apontado pelo ponteiro, sem antes ter certeza de que o endereço é válido:

```
int a, b;  
int *c;
```

```
b = 10;  
*c = 13; /* armazenará 13 em qual endereço? */
```

- O correto seria, por exemplo:

```
int a, b;  
int *c;
```

```
b = 10;  
c = &a;  
*c = 13;
```


Cuidados com uso de ponteiros

- Como o operador `*` de ponteiros é igual ao operador `*` utilizado na multiplicação, deve-se ter cuidado no uso desses operadores.

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

```
int main() {  
    int b, a;  
    int *c;  
  
    b = 10;  
    c = &a;  
    *c = 11;  
    a = b * c;  
    printf("%d\n", a);  
    return 0;  
}
```

- Ocorre um erro de compilação, pois o `*` é interpretado como operador de ponteiro sobre `c`.

Cuidados com uso de ponteiros

- O correto seria algo como:

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

```
int main() {  
    int b, a;  
    int *c;  
  
    b = 10;  
    c = &a;  
    *c = 11;  
    a = b * (*c);  
    printf("%d\n", a);  
    return 0;  
}
```

Cuidados com uso de ponteiros

- O ponteiro armazena o endereço de um tipo específico.

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

```
int main() {  
    double b, a;  
    int *c;  
  
    b = 10.89;  
    c = &b; /* tipos diferentes! */  
    a = *c;  
    printf("%f\n", a);  
    return 0;  
}
```

- Além do compilador alertar que a atribuição pode causar problemas, um valor diferente de 10.89 será impresso.

Operações com ponteiros

Podemos fazer comparações entre ponteiros ou entre os conteúdos apontados por estes:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    double *a, *b, c, d;
    a = &d;
    b = &c;
    scanf("%lf %lf", &c, &d);

    if (b < a)
        printf("Endereco apontado por b eh menor: %p e %p\n", b, a);
    else
        if (a < b)
            printf("Endereco apontado por a eh menor: %p e %p\n", a, b);
        else if (a == b)
            printf("Mesmo endereco\n"); /* sempre diferentes! */
    if (*a == *b)
        printf("Mesmo conteudo: %f\n", *a);
    return 0;
}
```

Notem que, para imprimir um ponteiro, usamos %p.

Operações com ponteiros

- Quando um ponteiro não está associado a nenhum endereço válido é comum atribuir o valor NULL para este (definido na biblioteca `stdlib.h`).
- Isto é usado em comparações com ponteiros para saber se um determinado ponteiro possui valor válido ou não.

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

int main() {
    double *a = NULL, *b, c = 5;
    a = &c;

    if (a != NULL) {
        b = a;
        printf("Numero: %f\n", *b);
    }

    return 0;
}
```

Passagem de parâmetros

- Os parâmetros de uma função são o mecanismo utilizado para passar a informação de um trecho de código para o interior da função.
- Há dois tipos de passagem de parâmetros:
 - ▶ Passagem por valor.
 - ▶ Passagem por referência.

Passagem de parâmetros por valor

- Quando passamos parâmetros a uma função, os valores fornecidos são copiados para as variáveis parâmetros da função.
- Este processo é idêntico a uma atribuição e é chamado de passagem por valor.
- Desta forma, alterações nos parâmetros dentro da função não alteram os valores que foram passados.

```
#include <stdio.h>
void nao_troca(int a, int b) {
    int aux;
    aux = a;
    a = b;
    b = aux;
}

int main() {
    int x = 4, y = 5;
    nao_troca(x, y);
    printf("%d %d\n", x, y);
    return 0;
}
```

Passagem de parâmetros por referência

- Em C, só existe passagem de parâmetros por valor.
- Em algumas linguagens, há construções para se passar *parâmetros por referência*.
 - ▶ Neste último caso, alterações de um parâmetro passado por referência também ocorrem onde foi feita a chamada da função.
 - ▶ No exemplo anterior, se x e y fossem passados por referência, seus conteúdos seriam trocados.

Passagem de parâmetros por referência

- Podemos obter algo semelhante em C utilizando ponteiros.
- O artifício corresponde em passar como parâmetro para uma função o *endereço* da variável e não o seu valor.
- Desta forma, podemos alterar o conteúdo da variável como se fizéssemos passagem por referência.

```
#include <stdio.h>
void troca(int *a, int *b) {
    int aux;
    aux = *a;
    *a = *b;
    *b = aux;
}

int main() {
    int x = 4, y = 5;
    troca(&x, &y);
    printf("%d %d\n", x, y);
    return 0;
}
```

Passagem de parâmetros por referência

- O uso de ponteiros para passar parâmetros que devem ser alterados dentro de uma função é útil em certas situações como, por exemplo, funções que precisam retornar mais do que um valor.
- Suponha que queremos criar uma função que recebe um vetor como parâmetro e precisa retornar o maior e o menor elemento do vetor.
 - ▶ Uma função só pode retornar um único valor.
 - ▶ Podemos passar ponteiros para variáveis que armazenarão o maior e menor elemento.

Passagem de parâmetros por referência

```
#include <stdio.h>

void min_and_max(int vet[], int tam, int *min, int *max);

int main() {
    int v[] = {10, 80, 5, -10, 45, -20, 100, 200, 10};
    int min, max;
    min_and_max(v, 9, &min, &max);
    printf("Menor valor: %d\n", min);
    printf("Maior valor: %d\n", max);
    return 0;
}

void min_and_max(int vet[], int tam, int *min, int *max) {
    int i;
    *min = vet[0];
    *max = vet[0];
    for (i = 1; i < tam; i++) {
        if (vet[i] < *min)
            *min = vet[i];
        if (vet[i] > *max)
            *max = vet[i];
    }
}
```

Aritmética de ponteiros

- Os operadores + e - podem ser utilizados com ponteiros.
- Seja p um ponteiro para um inteiro com um valor atual de 3000.
- A expressão:
 $p++$;
faz com que o conteúdo de p seja alterado para 3004 (e não 3001).
- A cada incremento de p , ele apontará para o próximo endereço de um tipo inteiro, cujo tamanho é de 4 bytes para o computador neste exemplo.

Aritmética de ponteiros

- O mesmo é válido para decrementos.
- Por exemplo:

`p--;`

fará com que `p` assuma o valor 2996 (considerando que o endereço anterior era 3000 e o tamanho de um inteiro é de 4 bytes).

Ponteiros e vetores

- Quando declaramos uma variável do tipo vetor, aloca-se uma quantidade de memória contígua cujo tamanho é especificado na declaração (e também depende do tipo do vetor).
 - ▶ `int v[5]; /* serão alocados 5*4 bytes de memória associada com v */`
- Uma variável vetor, assim como um ponteiro, armazena um endereço de memória: o endereço de início do vetor.
 - ▶ `int v[5]; /* variável v contém o endereço de memória do início do vetor */`
- Por este motivo, quando passamos um vetor como parâmetro para uma função, seu conteúdo pode ser alterado dentro da função, pois estamos passando, na realidade, o endereço de início do espaço alocado para o vetor.

Ponteiros e vetores

```
#include <stdio.h>

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

int main() {
    int vetor[] = {1, 2, 3, 4, 5};
    int i;

    zeraVetor(vetor, 5);
    for (i = 0; i < 5; i++)
        printf("%d ", vetor[i]);
    printf("\n");
    return 0;
}
```

Ponteiros e vetores

- De fato, como uma variável vetor possui um endereço, podemos atribuí-la a uma variável ponteiro:

```
int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};  
int *p;  
p = a;
```

- E podemos então usar `p` como se fosse um vetor:

```
for (i = 0; i < 5; i++)  
    p[i] = i * i;
```


Ponteiros e vetores

- Uma variável vetor, diferentemente de um ponteiro, possui um endereço fixo.
- Isto significa que não podemos tentar atribuir um endereço a uma variável do tipo vetor.

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};
    int b[5], i;

    b = a;
    for (i = 0; i < 5; i++)
        printf("%d ", b[i]);
    printf("\n");
    return 0;
}
```

Ocorre erro de compilação!

Ponteiros e vetores

- Entretanto, se b for declarado como ponteiro, não há problemas:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};
    int *b, i;

    b = a;
    for (i = 0; i < 5; i++)
        printf("%d ", b[i]);
    printf("\n");
    return 0;
}
```

Ponteiros e vetores

- Aritmética de ponteiros pode ser utilizada com vetores.

Exemplo:

```
char str[80];  
char *p;  
p = str;
```

`p` foi definido como o endereço do primeiro elemento do vetor (string) `str`.

Para fazer acesso ao quinto elemento de `str`, pode-se escrever:

```
str[4];
```

OU

```
*(p + 4);
```

Ponteiros e vetores

O resultado impresso por este programa...

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};
    int *b, i;

    b = a;
    for (i = 0; i < 5; i++)
        printf("%d ", a[i]);
    printf("\n");

    return 0;
}
```

Ponteiros e vetores

... é igual a este...

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

```
int main() {  
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};  
    int *b, i;  
  
    b = a;  
    for (i = 0; i < 5; i++)  
        printf("%d ", *(a + i));  
    printf("\n");  
  
    return 0;  
}
```

Ponteiros e vetores

... e a este...

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

```
int main() {  
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};  
    int *b, i;  
  
    b = a;  
    for (i = 0; i < 5; i++)  
        printf("%d ", *(b + i));  
    printf("\n");  
  
    return 0;  
}
```

Ponteiros e vetores

... ou mesmo este.

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};
    int *b, i;

    b = a;
    for (i = 0; i < 5; i++)
        printf("%d ", b[i]);
    printf("\n");

    return 0;
}
```

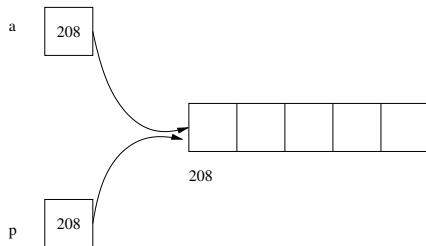
Alocação dinâmica de memória

- Como vimos, uma variável vetor possui um endereço, que podemos atribuí-lo para uma variável ponteiro:

```
int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};  
int *p;  
p = a;
```

- E podemos então usar `p` como se fosse um vetor:

```
for (i = 0; i < 5; i++)  
    p[i] = i * i;
```



Alocação dinâmica de memória

- Em aulas anteriores, ao trabalhar com matrizes, por exemplo, assumíamos que estas tinham dimensões máximas conhecidas:

```
#define MAX 100  
...  
int m[MAX][MAX];
```

- O que fazer se o usuário precisar trabalhar com matrizes maiores?
- Será que é possível alocar apenas a quantidade de memória necessária para o programa, evitando assim o desperdício de recursos computacionais?

Alocação dinâmica de memória

A biblioteca `stdlib.h` possui funções que permitem manipular memória dinamicamente.

- `malloc`: esta função aloca uma região de memória contígua (número de bytes recebido como parâmetro), retornando um ponteiro para a primeira posição da memória alocada.

- ▶ Exemplo: alocando memória para 100 números inteiros.

```
int *p;  
p = malloc(100 * sizeof(int));
```

- `free`: esta função recebe como parâmetro um ponteiro, e libera a memória previamente alocada e apontada pelo ponteiro.

- ▶ Exemplo: liberando memória previamente alocada.

```
free(p);
```

- Importante: toda memória alocada dinamicamente durante a execução de um programa (com `malloc`) deve ser desalocada (com o `free`) quando não for mais necessária.

Exemplo - produto interno de vetores

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

int main() {
    double *v1, *v2, produto;
    int i, n;

    printf("Qual a dimensao dos vetores? ");
    scanf("%d", &n);

    v1 = malloc(n * sizeof(double));
    v2 = malloc(n * sizeof(double));

    printf("Entre com os valores do primeiro vetor: ");
    for (i = 0; i < n; i++)
        scanf("%lf", &v1[i]);

    ...
}
```

Exemplo - produto interno de vetores

...

```
printf("Entre com os valores do segundo vetor: ");
for (i = 0; i < n; i++)
    scanf("%lf", &v2[i]);

produto = 0;
for (i = 0; i < n; i++)
    produto = produto + (v1[i] * v2[i]);

printf("Produto interno dos dois vetores: %f\n", produto);

free(v1);
free(v2);

return 0;
}
```

Ponteiros e alocação dinâmica

- Podemos fazer ponteiros distintos apontarem para uma mesma região de memória.
- Neste caso, precisamos tomar cuidado para não acessar uma região de memória (através de um ponteiro) que foi previamente desalocada.

Exemplo:

```
double *v1, *v2;
```

```
v1 = malloc(100 * sizeof(double));
```

```
v2 = v1;
```

```
free(v1);
```

```
for (i = 0; i < n; i++)
```

```
    v2[i] = i;
```

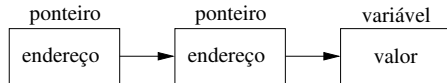
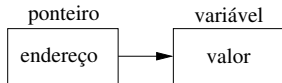
- O código acima está errado e irá causar um erro de execução já que v2 está acessando posições de memória que não estão mais reservadas para o programa.

Alocação dinâmica de matrizes

- Em aplicações científicas e de engenharias, é muito comum a realização de diversas operações sobre matrizes.
- Como vimos, em situações reais o ideal é alocar memória suficiente para conter os dados a serem tratados, sem usar nem mais e nem menos memória que o necessário.
- Como alocar vetores multidimensionais dinamicamente?

Ponteiros de ponteiros

- Uma variável ponteiro é alocada na memória do computador como qualquer outra variável.
- Portanto podemos criar um ponteiro que contém o endereço de memória de um outro ponteiro.
- O ponteiro de um ponteiro é uma forma de endereçamento encadeado.
- Na figura à esquerda, o valor do ponteiro é o endereço da variável que contém o valor desejado.
- Na figura à direita, o primeiro ponteiro contém o endereço de um segundo ponteiro, que aponta para a variável que tem o valor desejado.



Ponteiros de ponteiros

Exemplo: o que será impresso com a execução do código abaixo?

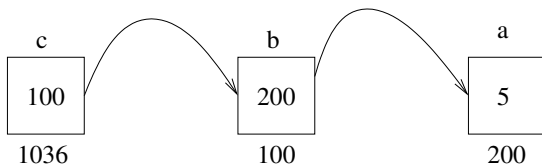
```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a, *b, **c;

    a = 5;
    b = &a;
    c = &b;
    printf("%d\n", *(*c));

    return 0;
}
```

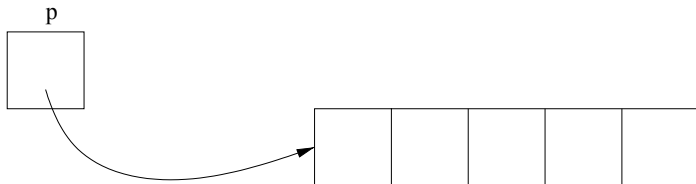
O programa imprimirá o valor de a, ou seja, 5.



Ponteiros para ponteiros

Pela nossa discussão anterior sobre ponteiros, sabemos que um ponteiro pode ser usado para referenciar um vetor alocado dinamicamente.

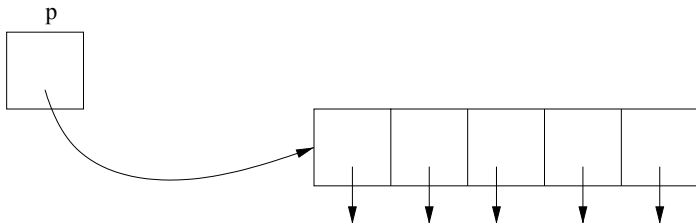
```
int *p;  
p = malloc(5 * sizeof(int));
```



Ponteiros para ponteiros

Da mesma forma, podemos usar um ponteiro de ponteiro para referenciar um vetor de ponteiros alocado dinamicamente.

```
int **p;  
p = malloc(5 * sizeof(int *));
```

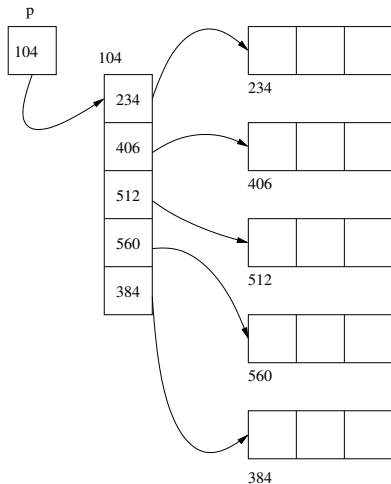


Note que cada posição do vetor acima é do tipo `int *`, ou seja, um ponteiro para inteiro.

Ponteiros para ponteiros

Como cada posição do vetor é um ponteiro para inteiro, podemos associar cada posição dinamicamente com um vetor de inteiros.

```
int **p, i;  
p = malloc(5 * sizeof(int *));  
  
for (i = 0; i < 5; i++)  
    p[i] = malloc(3 * sizeof(int));
```



Alocação dinâmica de matrizes

Podemos alocar matrizes dinamicamente da seguinte forma:

- Crie um ponteiro para ponteiro.
- Associe um vetor de ponteiros dinamicamente com este ponteiro de ponteiro. O tamanho deste vetor é o número de linhas da matriz.
- Cada posição do vetor será associado com um outro vetor do tipo a ser armazenado. Cada um destes vetores é uma linha da matriz (portanto possui tamanho igual ao número de colunas).

Lembre que devemos desalocar toda a memória alocada por este processo assim que ela não for mais necessária.

Exemplo - alocação dinâmica de matrizes

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

int main() {
    int **matriz, linhas, colunas, i, j;

    printf("Entre com o numero de linhas: ");
    scanf("%d", &linhas);

    printf("Entre com o numero de colunas: ");
    scanf("%d", &colunas);

    printf("Alocando a matriz...\n");
    matriz = malloc(linhas * sizeof(int *));
    for (i = 0; i < linhas; i++)
        matriz[i] = malloc(colunas * sizeof(int));
    ...
}
```

Exemplo - alocação dinâmica de matrizes

```
...
printf("Obtendo os valores da matriz...\n");
for (i = 0; i < linhas; i++)
    for (j = 0; j < colunas; j++)
        scanf("%d", &matriz[i][j]);

printf("Imprimindo a matriz...\n");
for (i = 0; i < linhas; i++) {
    for (j = 0; j < colunas; j++)
        printf("%d ", matriz[i][j]);
    printf("\n");
}

printf("Desalocando a matriz...\n");
for (i = 0; i < linhas; i++)
    free(matriz[i]);
free(matriz);

return 0;
}
```

Exemplo - alocação dinâmica de matrizes usando funções

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

int ** aloca_matriz(int linhas, int colunas) {
    int i, **matriz;

    matriz = malloc(linhas * sizeof(int *));

    for(i = 0; i < linhas; i++)
        matriz[i] = malloc(colunas * sizeof(int));

    return matriz;
}

void desaloca_matriz(int **matriz, int linhas) {
    int i;

    for (i = 0; i < linhas; i++)
        free(matriz[i]);

    free(matriz);
}
```

Exemplo - alocação dinâmica de matrizes usando funções

```
void obtem_matriz(int **matriz, int linhas, int colunas) {
    int i, j;

    for (i = 0; i < linhas; i++)
        for (j = 0; j < colunas; j++)
            scanf("%d", &matriz[i][j]);
}

void imprime_matriz(int **matriz, int linhas, int colunas) {
    int i, j;

    for (i = 0; i < linhas; i++) {
        for (j = 0; j < colunas; j++)
            printf("%d ", matriz[i][j]);
        printf("\n");
    }
}
```


Exemplo - alocação dinâmica de matrizes usando funções

```
int main() {
    int **matriz, linhas, colunas;

    printf("Entre com o numero de linhas: ");
    scanf("%d", &linhas);

    printf("Entre com o numero de colunas: ");
    scanf("%d", &colunas);

    printf("Alocando a matriz...\n");
    matriz = aloca_matriz(linhas, colunas);

    printf("Obtendo os valores da matriz...\n");
    obtem_matriz(matriz, linhas, colunas);

    printf("Imprimindo a matriz...\n");
    imprime_matriz(matriz, linhas, colunas);

    printf("Desalocando a matriz...\n");
    desaloca_matriz(matriz, linhas);

    return 0;
}
```

Exercício

Escreva a função `strcpy(s, t)` que recebe como parâmetro duas strings e copia a string `t` na string `s`. Observação: assuma que a string `s` possui espaço suficiente para comportar a string `t`.

```
/* versao com vetores */
void strcpy(char s[], char t[]) {
    int i = -1;

    do {
        i++;
        s[i] = t[i];
    } while (t[i] != '\0') {
}
}
```

```
/* versao 1 com ponteiros */
void strcpy(char *s, char *t) {
    while (*t != '\0') {
        s* = t*;
        s++;
        t++;
    }
    s* = '\0';
}
```

Exercício

```
/* versao 2 com ponteiros */  
void strcpy(char *s, char *t) {  
    while ((s* = *t) != '\0') {  
        s++;  
        t++;  
    }  
}
```

```
/* versao 3 com ponteiros */  
void strcpy(char *s, char *t) {  
  
    while ((*s++ = *t++) != '\0');  
}
```

```
/* versao 4 com ponteiros */  
void strcpy(char *s, char *t) {  
  
    while (*s++ = *t++);  
}
```

Exercício

Escreva a função `strcmp(s, t)` que recebe como parâmetro duas strings e compara `s` e `t`, retornando um valor negativo, zero ou positivo se `s` é lexicograficamente menor, igual ou maior que `t`, respectivamente.

```
/* versao com vetores */
int strcmp(char s[], char t[]) {
    int i = 0;

    while (s[i] == t[i])
        if (s[i++] == '\0')
            return 0;
    return (s[i] - t[i]);
}
```

```
/* versao com ponteiros */
int strcmp(char *s, char *t) {
    while (*s == *t) {
        if (*s == '\0')
            return 0;
        s++; t++;
    }
    return (*s - *t);
}
```

Exercício

Escreva a função `strcat(s, t)` que recebe como parâmetro duas strings e concatena `t` em `s`.

```
/* versao com vetores */
void strcat(char s[], char t[]) {
    int i = 0, j = 0;

    while (s[i] != '\0')
        i++;
    while (t[j] != '\0') {
        s[i] = t[j];
        i++;
        j++;
    }
    s[i] = '\0';
}
```

Exercício

```
/* versao com ponteiros */  
void strcat(char *s, char *t) {  
  
    while (*s != '\0')  
        s++;  
    while (*t != '\0') {  
        *s = *t;  
        s++;  
        t++;  
    }  
    *s = '\0';  
}
```

Exercício

Escreva a função `strlen(s)` que recebe como parâmetro a string `s` e retorna seu comprimento.

```
/* versao com vetores */
int strlen(char s[]) {
    int i = 0;

    while (s[i] != '\0')
        i++;
    return i;
}
```

```
/* versao com ponteiros */
int strlen(char *s) {
    int i = 0;

    while (*s != '\0') {
        i++;
        s++;
    }
    return i;
}
```

Exercício

Crie um programa que multiplica duas matrizes quadradas do tipo `double` lidas do teclado. Seu programa deve ler a dimensão n das matrizes, em seguida alocar dinamicamente duas matrizes $n \times n$. Depois, ler os dados das duas matrizes e imprimir a matriz resultante da multiplicação destas.