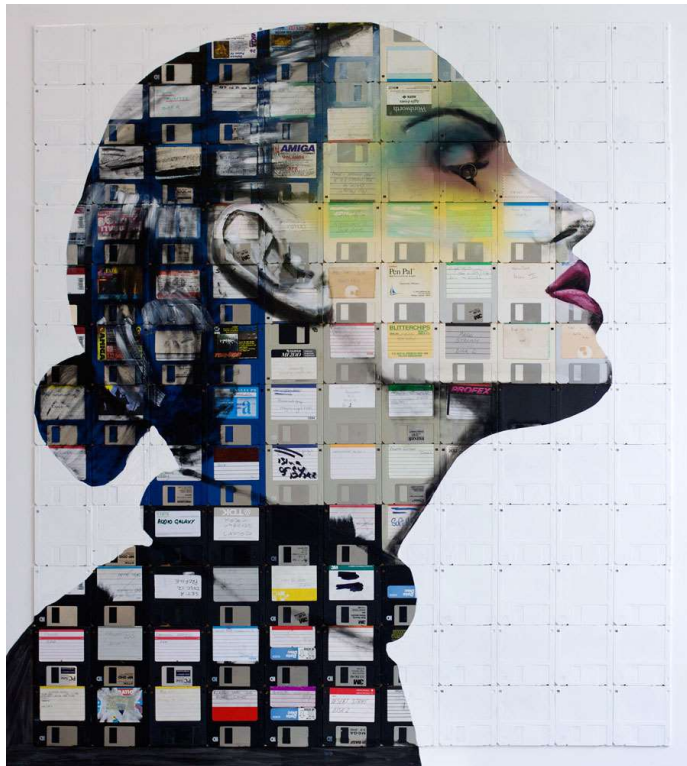


Algoritmos e Programação de Computadores

Disciplina 113476

Prof. Alexandre Zaghetto
<http://alexandre.zaghetto.com>
zaghetto@unb.com



<http://www.nickgentry.com/>

Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

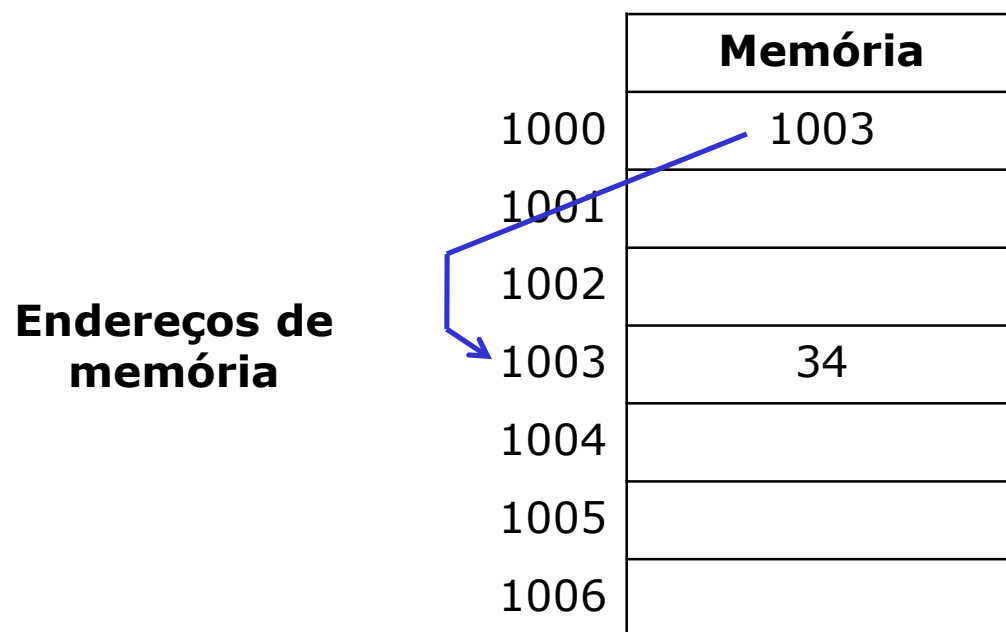
O presente conjunto de *slides* não pode ser reutilizado ou republicado sem a permissão do instrutor.

Módulo 13

Ponteiros

1. Ponteiros

- **Ponteiro** é uma variável que contém o endereço de uma outra variável.
- Daí o nome, pois ele **aponta** para outra variável.



1. Ponteiros

- Alguns usos:
 - ✓ Manipular vetores e matrizes, incluindo strings.
 - ✓ Modificar os argumentos (variáveis, vetores, matrizes e *structs*) de funções (passagem por referência).
 - ✓ Alocar e desalocar memória dinamicamente.
 - ✓ Passar para uma função o endereço de outra função.
 - ✓ Criar estruturas de dados complexas.

1. Ponteiros

- Declaração de variáveis ponteiros:

`tipo *nome`

- Operadores de Ponteiros

- ✓ Existem dois operadores especiais para ponteiros:

- ✓ &

- ✓ *



1. Ponteiros

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

```
int main (int argc, char *argv[])
{
```

```
    int x;
```

```
    x = 15;
```

```
    printf("CONTEUDO de X = %d \n", x);
```

```
    printf("ENDERECO de X = %d \n", &x);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

& → Pode ser lido como
"o endereço de...".



1. Ponteiros

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

int main (int argc, char *argv[])
{
    int *p, x;

    x = 15;
    p = &x;

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

    return 0;
}
```




1. Ponteiros

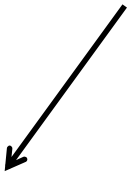
```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main (int argc, char *argv[])
{
    int *p, x;

    x = 15;
    p = &x;

    printf("%p \n", p);

    return 0;
}
```





1. Ponteiros

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

```
int main (int argc, char *argv[])
{
    int *p, x;

    x = 15;
    p = &x;

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

    return 0;
}
```

* → Pode ser lido como
"o valor que está no
endereço armazenado em..."



1. Ponteiros

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

int main (int argc, char *argv[])
{
    int *p, q, x;

    x = 15;
    p = &x;
    q = *p;

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

    return 0;
}
```



1. Ponteiros

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

int main (int argc, char *argv[])
{
    int *p1, *p2, x, y, z;

    x = 10;
    p1 = &x;
    p2 = p1;

    printf("x: %d \n", x);
    printf("&x: %d \n", &x);
    printf("p1: %d \n", p1);
    printf("&p1: %d \n", &p1);
    printf("p2: %d \n", p2);
    printf("&p2: %d \n", &p2);
}
```



1. Ponteiros

```
y = *p1;  
printf("y: %d \n", y);  
  
z = *p2;  
printf("z: %d \n", z);  
  
return 0;  
}
```

1. Ponteiros

- Aritmética de ponteiros:
 - ✓ Existem duas operações possíveis com ponteiros:
 - ✓ Adição; e
 - ✓ Subtração.

1. Ponteiros

- Aritmética de ponteiros:
 - ✓ Consideremos **p1** um ponteiro para um inteiro com valor atual 1000. Assuma, também, que os inteiros são de 4 bytes.
 - ✓ Após a expressão `p1++`, `p1` contém 1004.
 - ✓ Cada vez que **p1** é incrementado, ele aponta para o próximo inteiro.
 - ✓ O mesmo é verdade nos decrementos.
 - ✓ Ou seja, ponteiros incrementam ou decrementam **pelo tamanho do tipo de dado** que eles apontam.



1. Ponteiros

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

int main (int argc, char *argv[])
{
    int *p1, x = 10;

    p1 = &x;

    printf("p1: %d \n", p1);
    printf("&x: %d \n", &x);
    printf("x: %d \n", x);

    p1++;

    printf("p1: %d \n", p1);
    printf("&x: %d \n", &x);
    printf("x: %d \n", x);

    return 0;
}
```




1. Ponteiros

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

int main (int argc, char *argv[])
{
    char *p1, x = 'a';

    p1 = &x;

    printf("p1: %d \n", p1);
    printf("&x: %d \n", &x);
    printf("x: %c \n", x);

    p1++;

    printf("p1: %d \n", p1);
    printf("&x: %d \n", &x);
    printf("x: %c \n", x);

    return 0;
}
```



1. Ponteiros

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

int main (int argc, char *argv[])
{
    double x = 1.23212345, *p1;

    p1 = &x;

    printf("p1: %d \n", p1);
    printf("&x: %d \n", &x);
    printf("x: %lf \n", x);

    p1 = p1 + 2;

    printf("p1: %d \n", p1);
    printf("&x: %d \n", &x);
    printf("x: %lf \n", x);

    return 0;
}
```



1. Ponteiros

**Endereços de
memória**

	Memória
0996	1000
0997	
1998	
0999	
1000	
1001	
1002	
1003	
1004	
1005	
1006	

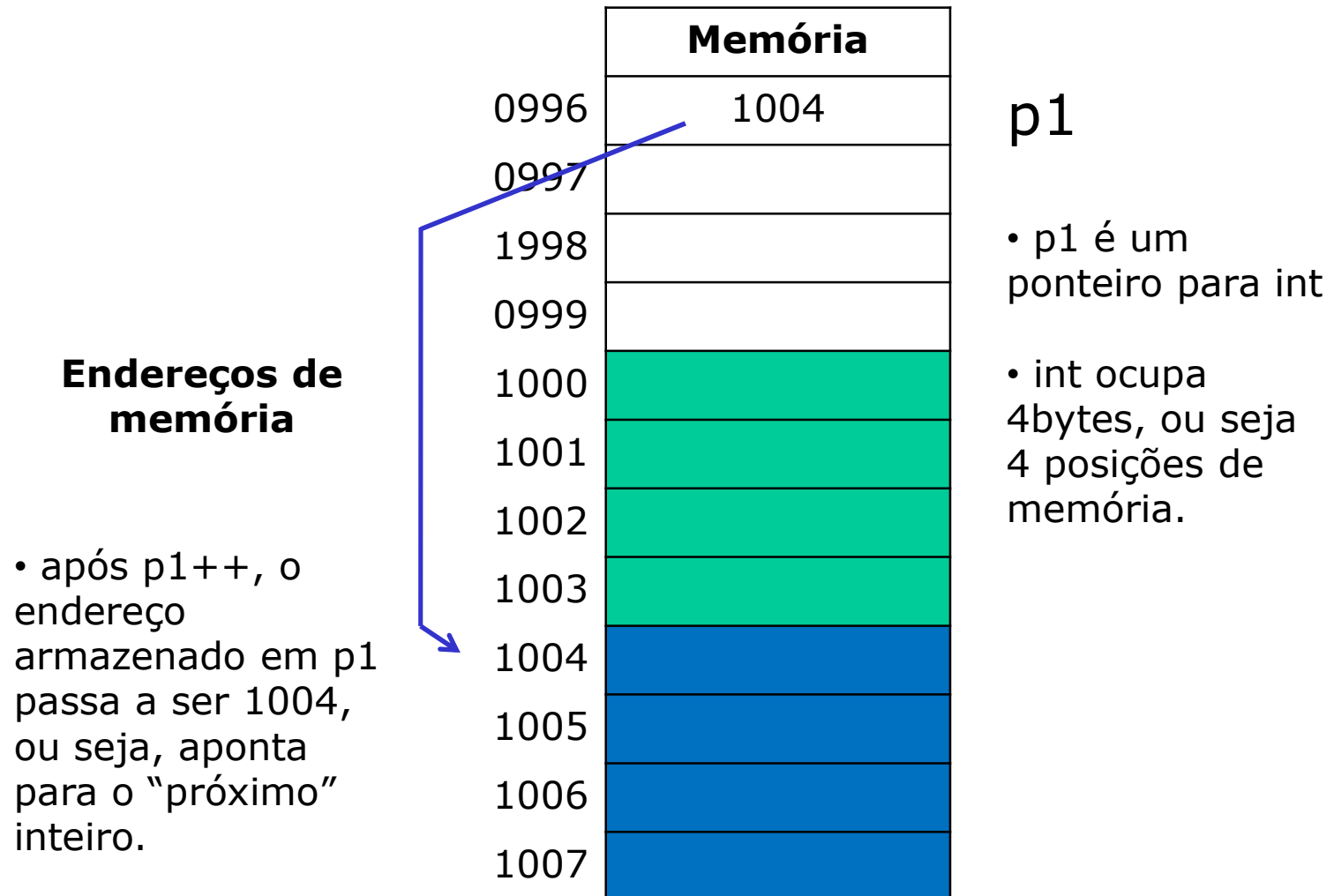
p1

- p1 é um ponteiro para int

- int ocupa 4bytes, ou seja 4 posições de memória.



1. Ponteiros





1. Ponteiros

- Curiosidade:

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

int main (int argc, char *argv[])
{

    int x[] = {1, 10}, *p, end;

    p = x;

    end = (int)p;
    end++;

    p = (int *)end;

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

    return 0;
}
```

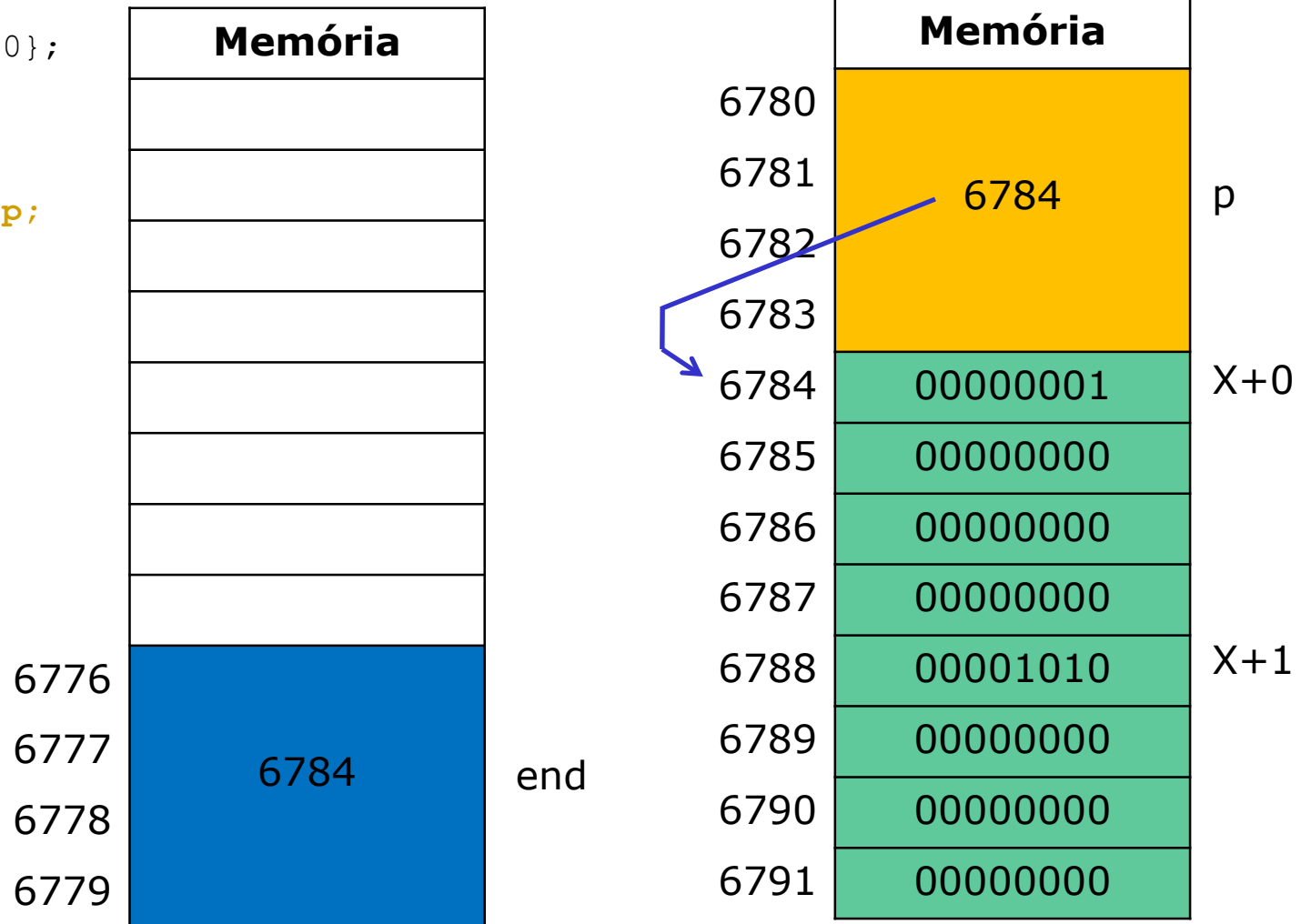


1. Ponteiros

```
x[] = {1, 10};
```

```
p = x;
```

```
end = (int)p;
```



1. Ponteiros

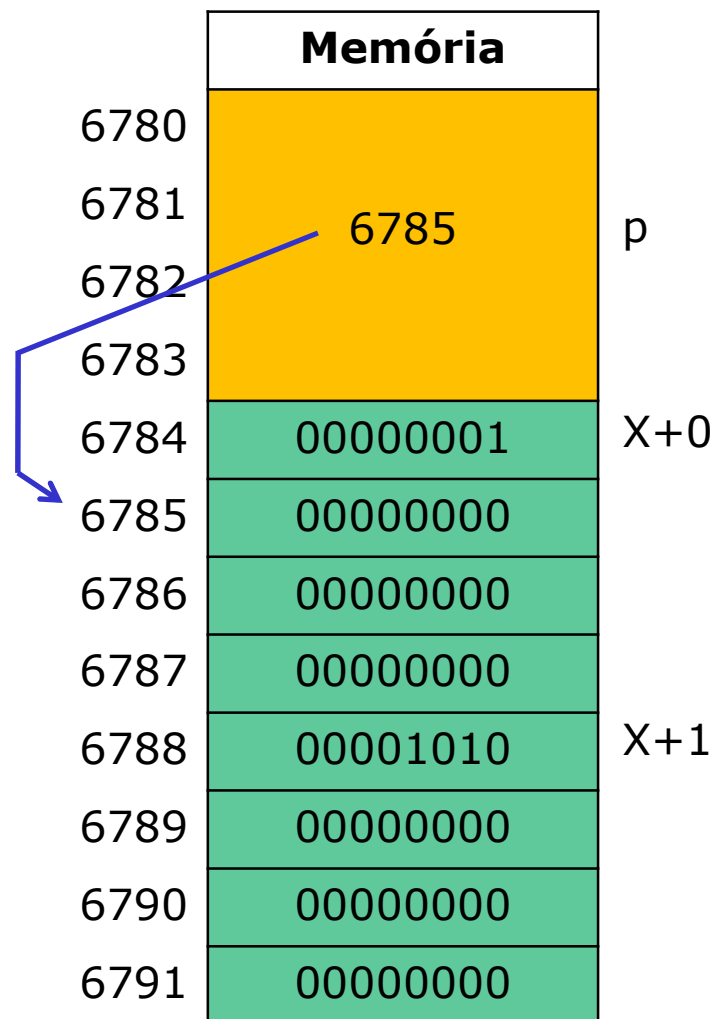
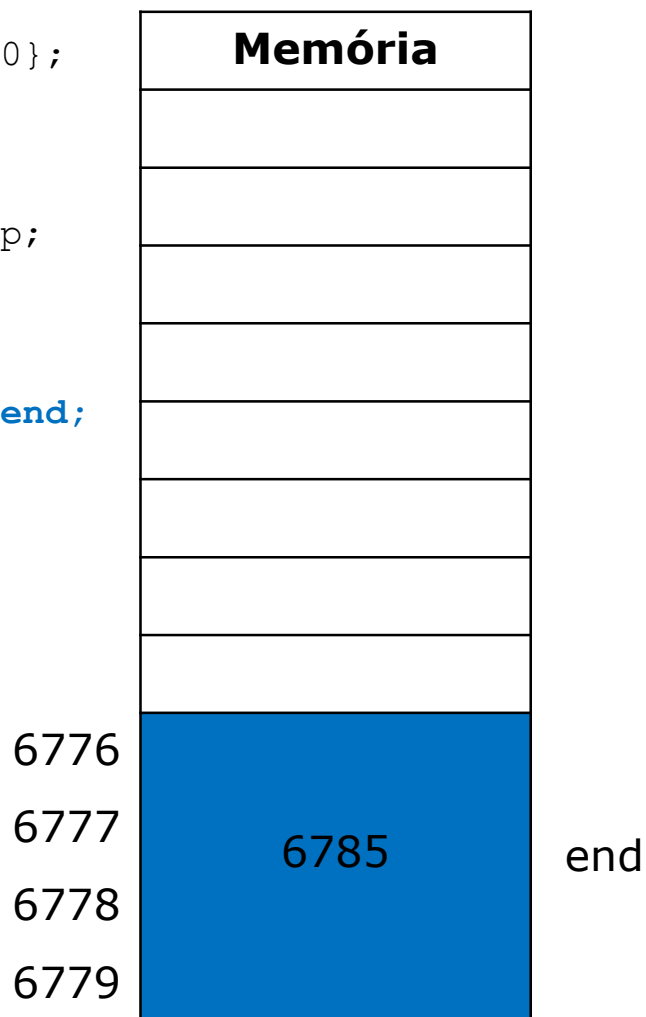
```
x[] = {1, 10};
```

```
p = x;
```

```
end = (int)p;
```

```
end++;
```

```
p = (int *)end;
```





1. Ponteiros

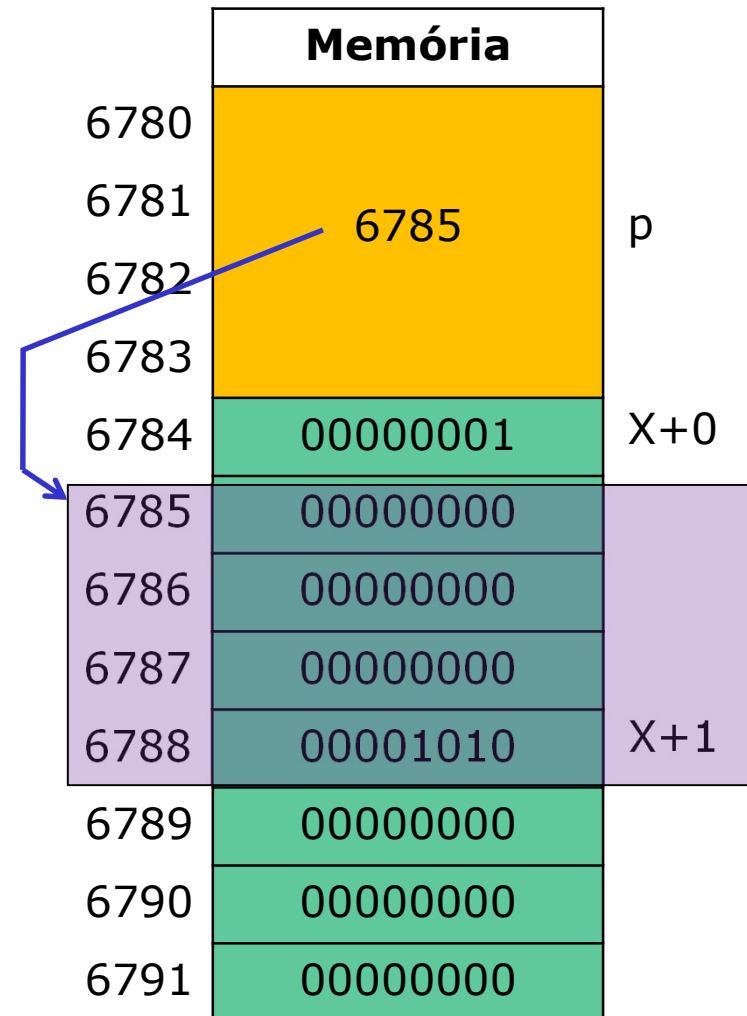
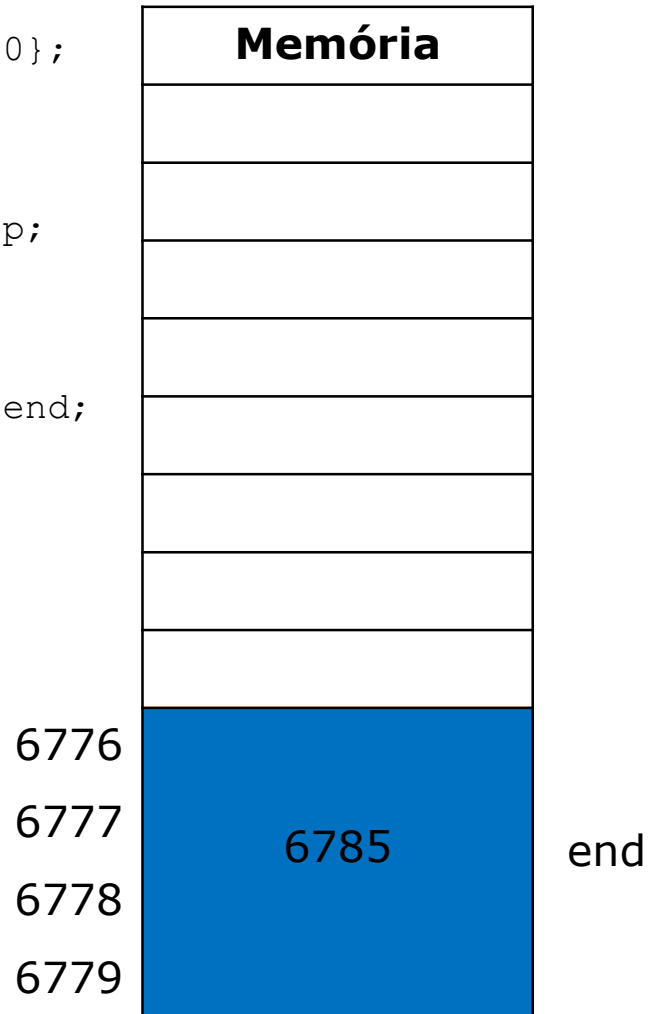
```
x[] = {1, 10};
```

```
p = x;
```

```
end = (int)p;
```

```
end++;
```

```
p = (int *)end;
```



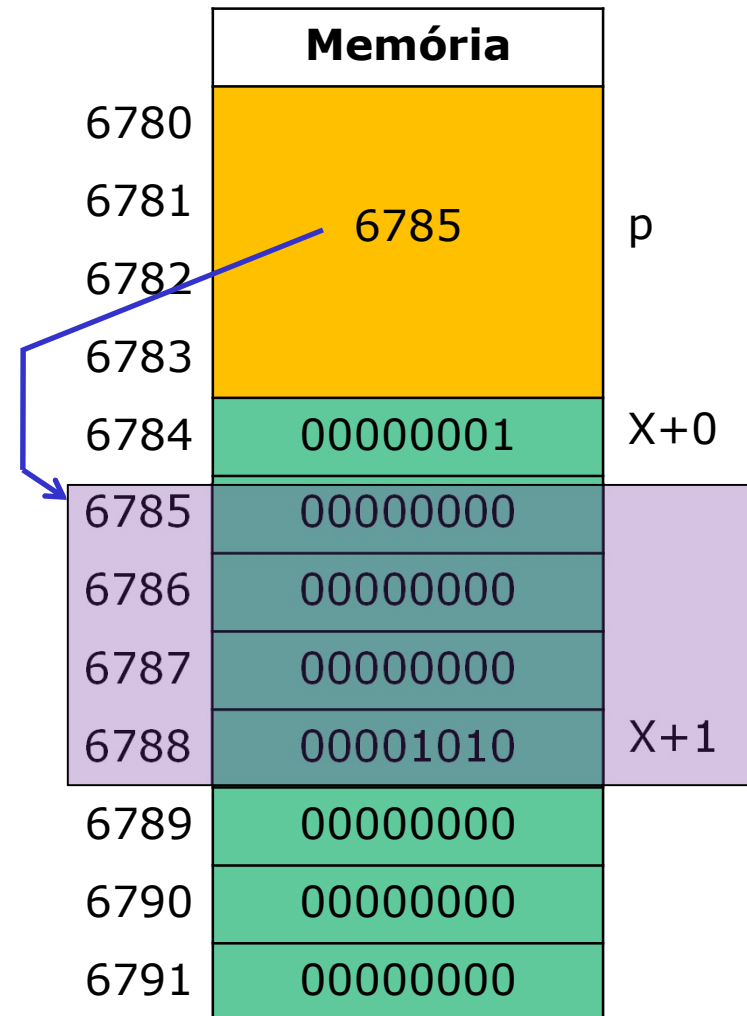


1. Ponteiros

```
x[] = {1, 10};  
  
p = x;  
  
end = (int)p;  
  
end++;  
  
p = (int *)end;  
  
printf("%d", *p);
```

$00001010\ 00000000\ 00000000\ 00000000_2 =$

167772160_{10}





2. Ponteiros e Vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 4

int main (int argc, char *argv[])
{
    int i, x[MAX] = {0,1,2,3};

    printf("Endereco\t Conteudo\t \n");

    for (i = 0; i<MAX; i++)
        printf("%d\t\t %d\t \n", &x[i], x[i]);

    return 0;
}
```

2. Ponteiros e Vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 4

int main (int argc, char *argv[])
{
    int i, x[MAX] = {0,1,2,3};

    printf("Endereco\t Conteudo\t \n");
    printf("Notacao de vetor \n");
    printf("%d\t\t %d\t \n", &x[0], x[0]);
    printf("Notacao de ponteiro \n");
    printf("%d\t\t %d\t \n", x, *x);

    return 0;
}
```



2. Ponteiros e Vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 4

int main (int argc, char *argv[])
{
    int i, x[MAX] = {0,1,2,3}, *p1;

    p1 = x;

    printf("Endereco\t Conteudo\t \n");
    printf("Notacao de vetor \n");
    printf("%d\t\t %d\t \n", &x[0], x[0]);
    printf("Notacao de ponteiro \n");
    printf("%d\t\t %d\t \n", p1, *p1);

    return 0;
}
```



2. Ponteiros e Vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 4
```

```
int main (int argc, char *argv[])
{
    int i, x[MAX] = {0,1,2,3}, *p1;

    p1 = x;

    printf("Endereco\t Conteudo\t \n");
    printf("Notacao de vetor \n");
    printf("%d\t\t %d\t \n", &x[2], x[2]);
    printf("Notacao de ponteiro \n");
    printf("%d\t\t %d\t \n", ????, ???);

    return 0;
}
```

E se eu quisesse
acessar o 3º
elemento?



2. Ponteiros e Vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 4

int main (int argc, char *argv[])
{
    int i, x[MAX] = {0,1,2,3};

    printf("Endereco\t Conteudo\t \n");

    printf("Notacao de vetor:\n");
    for (i=0; i<MAX; i++)
        printf("%d\t\t %d\t \n", &x[i], x[i]);
}
```



2. Ponteiros e Vetores

```
printf("Notacao de ponteiro:\n");  
for (i=0; i<MAX; i++)  
    printf("%d\t\t %d\t \n", x+i, *(x+i));  
  
return 0;  
}
```



2. Ponteiros e Vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 4

int main (int argc, char *argv[])
{
    int i, x[MAX] = {0,1,2,3}, *p1;

    p1 = x;

    printf("Endereco\t Conteudo\t \n");

    printf("Notacao de vetor:\n");
    for (i=0; i<MAX; i++)
        printf("%d\t\t %d\t \n", &x[i], x[i]);
```




2. Ponteiros e Vetores

```
printf("Notacao de ponteiro:\n");  
for (i=0; i<MAX; i++)  
    printf("%d\t\t %d\t \n", p1+i, *(p1+i));  
  
return 0;  
}
```



2. Ponteiros e Vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 4

int main (int argc, char *argv[])
{
    int x[MAX], i, *p;

    p=x;

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

    for (i=0; i<MAX; i++)
        printf("%d ", *(p+i));

    return 0;
}
```



2. Ponteiros e Vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 2

int main (int argc, char *argv[])
{
    int *x[MAX], var1, var2;

    var1 = 3;
    var2 = 4;

    x[0] = &var1;
    x[1] = &var2;
```



2. Ponteiros e Vetores

```
printf("&var1: %d \n", &var1);  
printf("&var2: %d \n", &var2);  
printf("var1: %d\n", var1);  
printf("var2: % d\n", var2);  
printf("x[0]: %d \n", x[0]);  
printf("x[1]: %d \n", x[1]);  
printf("*x[0]: %d\n", *x[0]);  
printf("*x[1]: % d\n", *x[1]);  
  
return 0;  
}
```

2. Ponteiros e Vetores

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

int main(int argc, char *argv[])
{
    int *x[2], y0[2] = {0,1}, y1[2] = {2,3} ;

    x[0] = y0;
    x[1] = y1;

    printf("Conteudo de x[0] = y0: %d \n", x[0]);
    printf("Conteudo de x[1] = y1: %d \n", x[1]);
    printf("Endereço do primeiro elemento do vetor x: %d \n", &x[0]);
    printf("Endereço do segundo elemento do vetor x: %d \n", &x[1]);
}
```



2. Ponteiros e Vetores

```
printf("Conteudo de y0[0]: %d \n", *(x[0] + 0)); //y0[0]
printf("Conteudo de y0[1]: %d \n", *(x[0] + 1)); //y0[1]
printf("Endereço de y0[0]: %d \n", (x[0] + 0)); //&y0[0]
printf("Endereço de y0[1]: %d \n", (x[0] + 1)); //&y0[1]

printf("Conteudo de y1[0]: %d \n", *(x[1] + 0)); //y1[0]
printf("Conteudo de y1[1]: %d \n", *(x[1] + 1)); //y1[1]
printf("Endereço de y1[0]: %d \n", (x[1] + 0)); //&y1[0]
printf("Endereço de y1[1]: %d \n", (x[1] + 1)); //&y1[1]

return 0;
}
```

2. Ponteiros e Vetores

Memória		
&x[1] 788	768	X[1] = y1 = &y1[0]
&x[0] 784	776	X[0] = y0 = &y0[0]
&y0[1] = y0+1 = x[0]+1 780	1	y0[1] = *(y0+1) = *(x[0]+1)
&y0[0] = y0+0 = x[0]+0 776	0	y0[0] = *(y0+0) = *(x[0]+0)
&y1[1] = y1+1 = x[1]+1 772	4	y1[1] = *(y1+1) = *(x[1]+1)
&y1[0] = y1+0 = x[1]+0 768	3	y1[0] = *(y1+0) = *(x[1]+0)



3. Ponteiros e Strings

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

int main (int argc, char *argv[])
{
    char *p = "Segunda-feira";

    printf("%s \n", p);

    return 0;
}
```




3. Ponteiros e Strings

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 5

int main (int argc, char *argv[])
{
    char *x[MAX] = {"Segunda-feira",
                    "Terça-feira",
                    "Quarta-feira",
                    "Quinta-feira",
                    "Sexta-feira"};

    printf("%s \n", x[2]);

    return 0;
}
```



3. Ponteiros e Strings

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 5

int main (int argc, char *argv[])
{
    char *x[MAX] = {"Segunda-feira",
                    "Terça-feira",
                    "Quarta-feira",
                    "Quinta-feira",
                    "Sexta-feira"};

    printf("%s \n", *(x+2));

    return 0;
}
```



4. Passagem de Parâmetros por Referência

- Suponha o seguinte código (cuja função *divpordois* utiliza passagem de argumentos por valor):

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

float divpordois( float );

int main (int argc, char *argv[])
{
    float x, y = 5.0;

    printf("y = %.2f \n", y);
    x = divpordois(y);
    printf("%.2f/2 = %.2f \n", y, x);

    return 0;
}
```

4. Passagem de Parâmetros por Referência

```
float divpordois (float n){  
    float result;  
    result = n/2;  
    return result;  
}
```

4. Passagem de Parâmetros por Referência

```
float divpordois (float n){  
    float result;  
    result = n/2;  
    return result;  
}
```

Essa molezinha vocês dominam!



4. Passagem de Parâmetros por Referência

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

void divpordois (float *);

int main (int argc, char *argv[])
{
    float y = 5.0;

    printf("y = %.2f \n", y);
    divpordois(&y);
    printf("y = %.2f \n", y);

    return 0;
}

void divpordois (float *n){

    *n = *n/2;
}
```



4. Passagem de Parâmetros por Referência

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

int divpordois (float *);

int main (int argc, char *argv[])
{
    float y = 5.0, sucesso;;

    printf("y = %.2f \n", y);

    sucesso = divpordois(&y);

    printf("y = %.2f \n", y);

    printf("sucesso = %d \n", sucesso);

    return 0;
}
```

4. Passagem de Parâmetros por Referência

```
int divpordois( float *n){  
    *n = *n/2;  
    return 0;  
}
```




4. Passagem de Parâmetros por Referência

- “Retornando” vários valores:

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

int retornavarios (float *, int *);

int main (int argc, char *argv[])
{
    float y = 5.0;
    int x = 5, sucesso;

    printf("y = %.2f - x = %d \n", y, x);

    sucesso = retornavarios(&y, &x);

    printf("y = %.2f - x = %d \n", y, x);
    printf("sucesso = %d \n", sucesso);
}
```



4. Passagem de Parâmetros por Referência

```
    return 0;
}

int retornavarios( float *n1, int *n2){

    *n1 = *n1/2;

    *n2 = *n2%2;

    return 0;
}
```



4. Passagem de Parâmetros por Referência

- Passando vetores por referência:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAX 10

int retornavetor (float *, int);

int main (int argc, char *argv[])
{
    float x[MAX] = {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};
    int i, sucesso;

    printf("Vetor antes de chamar a funcao\n");

    for (i = 0; i<MAX; i++)
        printf("%.2f \n", x[i]);

    sucesso = retornavetor(x, MAX);
```

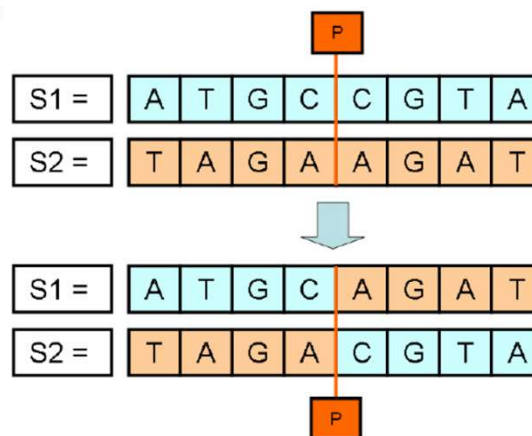


4. Passagem de Parâmetros por Referência

```
printf("Vetor depois de chamar a funcao\n");  
for (i = 0; i<MAX; i++)  
    printf("%.2f \n", x[i]);  
  
    return 0;  
}  
  
int retornavetor( float *vet, int N){  
  
    int i;  
  
    for (i = 0; i<N; i++)  
        *(vet+i) = i;  
  
    return 0;  
}
```

4. Passagem de Parâmetros por Referência

Exemplo: Um operador de *crossover* pode ser aplicado a duas strings *s1* e *s2* e consiste em se sortear aleatoriamente um ponto de *s1* e *s2* e, escolhido este ponto, é realizada a troca de informações de *s1* e *s2* tal como mostrado no esquema a seguir.



Escreva uma função que recebe duas strings *s1* e *s2* e realiza a operação de *crossover*. Escreva também um programa principal que utiliza a função proposta.



5. Retornando um Endereço de Memória

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

char *procuralettra(char *, char);

int main(int argc, char *argv[])
{
    char str[80], ch, *ptr;

    printf("Digite uma frase:");
    gets(str);

    printf("Digite um caractere:");
    ch = getchar();

    ptr = procuralettra(str, ch);
```



5. Retornando um Endereço de Memória

```
if( ptr != NULL){  
    printf("A primeira ocorrencia eh: %p \n", ptr);  
    printf("Sua posicao eh: %d \n", ptr-str);  
} else {  
    printf("Esse caractere nao existe nessa frase. \n");  
}  
  
    return 0;  
}  
  
char *procura letra(char *s, char c){  
    while(*s != c && *s != '\0')  
        s++;  
  
    if(*s != 0)  
        return s;  
  
    return NULL;  
}
```



6. Ponteiros e Matrizes

- Considere o código a seguir:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define LIN 3
#define COL 3

int main() {

    int m[LIN][COL];
    int i, j;

    for (i=0; i<LIN; i++){
        for (j=0; j<COL; j++){
            printf("Elemento %d %d = ", i, j);
            scanf("%d", &m[i][j]);
        }
    }
}
```




6. Ponteiros e Matrizes

```
// Notação de matriz
for (i=0; i<LIN; i++){
    for (j=0; j<COL; j++){
        printf("%d\t\t %d\t \n", &m[i][j], m[i][j]);
    }
}

return 0;
}
```

- Execute o programa e note que os elementos da matriz são organizados em posições consecutivas da memória.



6. Ponteiros e Matrizes

- Agora veja a notação de ponteiro:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define LIN 3
#define COL 3

int main() {

    int m[LIN][COL], *p;
    int i, j;

    for (i=0; i<LIN; i++){
        for (j=0; j<COL; j++){
            printf("Elemento %d %d = ", i, j);
            scanf("%d", &m[i][j]);
        }
    }
}
```

6. Ponteiros e Matrizes

```
p = &m[0][0];

// Notação de ponteiro
for (i=0; i<LIN; i++){
    for (j=0; j<COL; j++){
        printf("%d\t\t %d\t \n", p+i*COL+j, *(p+i*COL+j));
    }
}

return 0;
}
```

- Observe que o efeito é o mesmo.



7. Ponteiros e Structs

- Passando structs como parâmetro de funções.

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

// Estrutura
struct dados_aluno{
    char nome[80];
    float media;
};

// Protótipo da função que recebe estruturas
void imprime_struct( struct dados_aluno);
```



7. Ponteiros e Structs

```
int main ( int argc, char *argv[])  
{  
    struct dados_aluno aluno;  
  
    strcpy(aluno.nome, "Alexandre Zaghetto");  
    aluno.media = 9.5;  
  
    imprime_struct(aluno);  
  
    return 0;  
}  
  
// Imprime a estrutura  
void imprime_struct( struct dados_aluno parm){  
    printf ("%s \n", parm.nome);  
    printf ("%f \n", parm.media);  
}
```

7. Ponteiros e Structs

- Ponteiro para struct.

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

// Estrutura
struct dados_aluno{
    char nome[80];
    float media;
};
```



7. Ponteiros e Structs

```
int main (int argc, char *argv[])  
{  
    struct dados_aluno aluno, *p_aluno;  
  
    p_aluno = &aluno;  
  
    strcpy((*p_aluno).nome, "Alexandre Zaghetto");  
    (*p_aluno).media = 9.5;  
  
    printf("%s \n", (*p_aluno).nome);  
    printf("%f \n", (*p_aluno).media);  
  
    return 0;  
}
```



7. Ponteiros e Structs

```
int main (int argc, char *argv[])  
{  
    struct dados_aluno aluno, *p_aluno;  
  
    p_aluno = &aluno;  
  
    strcpy (p_aluno->nome, "Alexandre Zaghetto");  
    p_aluno->media = 9.5;  
  
    printf ("%s \n", p_aluno->nome);  
    printf ("%f \n", p_aluno->media);  
  
    return 0;  
}
```




7. Ponteiros e Structs

- Ponteiro para struct.

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

// Estrutura
struct dados_aluno{
    char nome[80];
    float media;
};

// Imprime a estrutura
void imprime_struct(struct dados_aluno *);

// Altera a estrutura
void altera_struct(struct dados_aluno *);
```



7. Ponteiros e Structs

```
int main (int argc, char *argv[])  
{  
    struct dados_aluno aluno, *p_aluno;  
  
    p_aluno = &aluno;  
  
    strcpy(p_aluno->nome, "Alexandre Zaghetto");  
    p_aluno->media = 9.5;  
  
    imprime_struct(p_aluno);  
  
    altera_struct(p_aluno);  
  
    imprime_struct(p_aluno);  
  
    return 0;  
}
```



7. Ponteiros e Structs

```
// Imprime a estrutura
void imprime_struct(struct dados_aluno *parm) {
    printf ("%s \n", parm->nome);
    printf ("%f \n", parm->media);
}

// Altera a estrutura
void altera_struct(struct dados_aluno *parm) {
    strcpy (parm->nome, "Zaghetto Alexandre");
    parm->media = 5.9;
}
```



8. Ponteiro para Função

- Exemplo 1:

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

// Ponteiro para função

int pega_result(int, int, int (*) (int, int));
int max(int, int);
int min(int, int);
```



8. Ponteiro para Função

```
int main (int argc, char *argv[])  
{  
    int result, x1 = 10, x2 = 232;  
  
    result = pega_result(x1,x2, &max);  
  
    printf("O maximo entre %d e %d , %d\n",x1,x2, result);  
  
    result = pega_result(x1,x2, &min);  
  
    printf("O minimo de %d e %d , %d\n",x1,x2, result);  
  
    return 0;  
}
```



8. Ponteiro para Função

```
int pega_result(int a, int b, int (*compare)(int , int ))  
{  
    return compare(a, b); // Chama a função passada  
}
```

```
int max(int a, int b)  
{  
    printf("Em max:\n");  
    return (a > b) ? a: b;  
}
```

```
int min(int a, int b)  
{  
    printf("Em min:\n");  
    return (a < b) ? a: b;  
}
```



8. Ponteiro para Função

- Exemplo 1:

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

float funcao_pol(float);
float funcao_ln (float);
float funcao_sen(float);

float fun (float, float (*)(float) );

typedef float (*Func) (float);
```



8. Ponteiro para Função

```
int main() {  
  
    Func funcoes [3] = {funcao_pol, funcao_ln, funcao_sen};  
    int n = 0, num_func;  
    float e, x0, x1, xm, fx0, fx1, fxm;  
  
    printf("Selecione e funcao:");  
    scanf("%d", &num_func);  
  
    printf("\n x0: ");  
    scanf("%f", &x0);  
    printf("\n x1: ");  
    scanf("%f", &x1);  
    printf("\n e: ");  
    scanf("%f", &e);  
}
```


8. Ponteiro para Função

```
do{  
  
    xm = (x0 + x1) / 2.0;  
  
    fx0 = fun(x0, funcoes[num_func]);  
    fx1 = fun(x1, funcoes[num_func]);  
    fxm = fun(xm, funcoes[num_func]);
```



8. Ponteiro para Função

```
if ((fx0 < 0) && (fx1 > 0)) {  
    if (fxm > 0) {  
        x1 = xm;  
    } else {  
        x0 = xm;  
    }  
} else {  
    if (fxm > 0) {  
        x0 = xm;  
    } else {  
        x1 = xm;  
    }  
}  
} while (fxm != 0 && fabs(x0-x1)>e );  
  
printf("Raiz: %f", xm);  
  
return 0;  
  
}
```



8. Ponteiro para Função

```
float funcao_pol(float x){

    float fx;
    static float a3, a2, a1, a0;
    static int set = 0;

    if(set==0){
        printf("\n Funcao polinomial : \n");
        printf("\n a3: ");
        scanf("%f", &a3);
        printf("\n a2 : ");
        scanf("%f", &a2);
        printf("\n a1: ");
        scanf("%f", &a1);
        printf("\n a0: ");
        scanf("%f", &a0);
        printf("\n");
    }
    fx = ((a3 * (pow(x,3.0))) + (a2 * (pow(x,2.0))) + (a1 * x) + a0);
    set = 1;
    return fx;
}
```



8. Ponteiro para Função

```
float funcao_ln (float x) {  
  
    float fx;  
  
    fx = x + log(x);  
  
    return fx;  
  
}
```

```
float funcao_sen(float x) {  
  
    float fx;  
  
    fx = 5-x-5*sin(x);  
  
    return fx;  
  
}
```

8. Ponteiro para Função

```
float fun (float x, float (*funcao) (float) ) {  
  
    return funcao(x);  
  
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- A alocação dinâmica permite ao programador alocar memória para variáveis enquanto o programa está sendo executado.
- É possível criar um vetor ou matriz cujo tamanho somente será definido em tempo de execução.
- A linguagem C define 4 funções para alocação dinâmica de memória, disponíveis na biblioteca `stdlib.h`:
 - ✓ *malloc()*: aloca memória;
 - ✓ *calloc()*: aloca memória;
 - ✓ *realloc()*: realoca memória; e
 - ✓ *free()*: libera memória alocada.

9. Alocação Dinâmica de Memória

- A função *malloc()* possui o seguinte protótipo:

```
void *malloc (size_t size);
```

- A função *malloc()* lê a quantidade **size** de *bytes* a alocar, reserva a memória correspondente e retorna o endereço do primeiro *byte* alocado.
- `size_t` é um tipo unsigned int.
- A função devolve um ponteiro do tipo *void*, o que significa que você pode atribuí-lo a qualquer tipo de ponteiro.
- Se não houver memória disponível para alocar, a função retorna um ponteiro nulo (NULL).

9. Alocação Dinâmica de Memória

- A função *calloc()* possui o seguinte protótipo:

```
void *calloc (size_t num, size_t size);
```

- A função *calloc()* lê a quantidade **num** de elementos a alocar, cada qual com um tamanho de **size** bytes, reserva (**num*size**) bytes, inicializa o espaço alocado com 0 e retorna o endereço do primeiro *byte* alocado.
- Se não houver memória disponível para alocar, a função retorna um ponteiro nulo (NULL).

9. Alocação Dinâmica de Memória

- A função *realloc()* possui o seguinte protótipo:

```
void *realloc (void *ptr, size_t size);
```

- A função *realloc()* realoca (expande ou contrai) um espaço de memória previamente alocado, apontado por *ptr*. O novo tamanho passa a ser **size bytes**.
- Se não houver memória disponível para realocar, a função retorna um ponteiro nulo (NULL).

9. Alocação Dinâmica de Memória

- A função *free()* possui o seguinte protótipo:

```
void free ( void * ptr );
```

- Desaloca um bloco de memória apontado por *ptr*, previamente alocado por meio das funções *malloc()*, *calloc()* ou *realloc()*.

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de vetores:

- ✓ Exemplo de alocação para 30 valores do tipo double, utilizando *malloc()*:

```
double *p;
```

```
p = (double *) malloc(30 * sizeof(double));
```

- ✓ A operação realizada com o `(double *)` é chamada de *casting*. Ela garante que o ponteiro retornado pela função `malloc()` seja um ponteiro para double.

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de vetores:

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

int main(){

    double *p;
    int N, numero, i;

    printf("Qual tamanho do vetor: ");
    scanf("%d", &N);

    p = (double *) malloc(N*sizeof (double));

    if (p == NULL){
        printf("Alocacao falhou. Finalizado.\n");
        exit(1);
    }
```



9. Alocação Dinâmica de Memória

```
for(i=0; i < N; i++)
{
    printf("Digite o valor %d do vetor: ", i);
    scanf("%lf", p+i);
    // scanf("%lf", &p[i]);
}

for(i=0; i < N; i++)
{
    printf("%.2lf \n", *(p+i));
    //printf("%.2lf \n", p[i]);
}

free(p) ;

return 0;
}
```



9. Alocação Dinâmica de Memória

```
destroi_vetor(p);

    system("PAUSE") ;
    return 0;
}

int *inicia_vetor(int N) {

    int i, *Vetor;

    Vetor = (int *)malloc(N*sizeof(int));

    for(i = 0 ; i<N; i++) Vetor[i] = 0;

    return Vetor;
}

void destroi_vetor(int *p) {
    free(p);
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de memória com **calloc** e relocação com **realloc**:

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

int main(){

    double *p;
    int N, M, numero, i;

    printf("Qual tamanho do vetor: ");
    scanf("%d", &N);

    p = (double *) calloc(N, sizeof (double));

    if (p == NULL){
        printf("Alocacao falhou. Finalizado.\n");
        exit(1);
    }
```



9. Alocação Dinâmica de Memória

```
for(i=0; i < N; i++){  
    printf("%.2lf \n", *(p+i));  
} // calloc preenche o espaço alocado com 0's.  
  
for(i=0; i < N; i++){  
    printf("Digite o valor %d do vetor: ", i);  
    scanf("%lf", p+i);  
}  
  
printf("Qual o novo tamanho do vetor: ");  
scanf("%d", &M);  
  
p = (double *) realloc(p, M*sizeof (double));  
  
if (p == NULL){  
    printf("Realocacao falhou. Finalizado.\n");  
    exit(1);  
}
```




9. Alocação Dinâmica de Memória

```
for(i=N; i < M; i++)
{
    printf("Digite o valor %d do vetor: ", i);
    scanf("%lf", p+i);
}

for(i=0; i < M; i++)
{
    printf("%.2lf \n", *(p+i));
}

free(p);

return 0;
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de vetor de *structs*:

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

// student structure
typedef struct students {
    char id[15];
    char firstname[64];
    char lastname[64];
    float points;
}student;
```

Member	Data Type	Size
id	char	15 bytes
firstname	char	64 bytes
lastname	char	64 bytes
points	float	4 bytes

	id	firstname	lastname	points
std[0]				
std[1]				
std[2]				

Each student data takes
147 bytes of memory.

Adaptado de <https://www.dyclassroom.com> .

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de vetor de *structs*:

```
int main()
{
    // number of students
    int N;
    printf("Number of students: ");
    scanf("%d", &N);

    // student structure variable
    student *std = (student *)malloc(N*sizeof(student));

    // student structure pointer variable
    student *ptr = NULL;

    // other variables
    int i;

    // assign std to ptr
    ptr = std;
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de vetor de *structs*:

```
// get detail for user
for (i = 0; i < N; i++)
{
    printf("Enter detail of student #%d\n", (i + 1));
    printf("Enter ID: ");
    scanf("%s", ptr->id);
    printf("Enter first name: ");
    scanf("%s", ptr->firstname);
    printf("Enter last name: ");
    scanf("%s", ptr->lastname);
    printf("Enter Points: ");
    scanf("%f", &ptr->points);

    // update pointer to point at next element the array
    ptr++;
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de vetor de *structs*:

```
// reset pointer back to the starting
// address of std array
ptr = std;

for (i = 0; i < N; i++)
{
    printf("\nDetail of student #%d\n", (i + 1));

    // display result via std variable
    printf("\nResult via std\n");
    printf("ID: %s\n", std[i].id);
    printf("First Name: %s\n", std[i].firstname);
    printf("Last Name: %s\n", std[i].lastname);
    printf("Points: %f\n", std[i].points);
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de vetor de *structs*:

```
// display result via ptr variable
printf("\nResult via ptr\n");
printf("ID: %s\n", ptr->id);
printf("First Name: %s\n", ptr->firstname);
printf("Last Name: %s\n", ptr->lastname);
printf("Points: %f\n", ptr->points);

// update pointer to point at next element
// of the array std
ptr++;

}

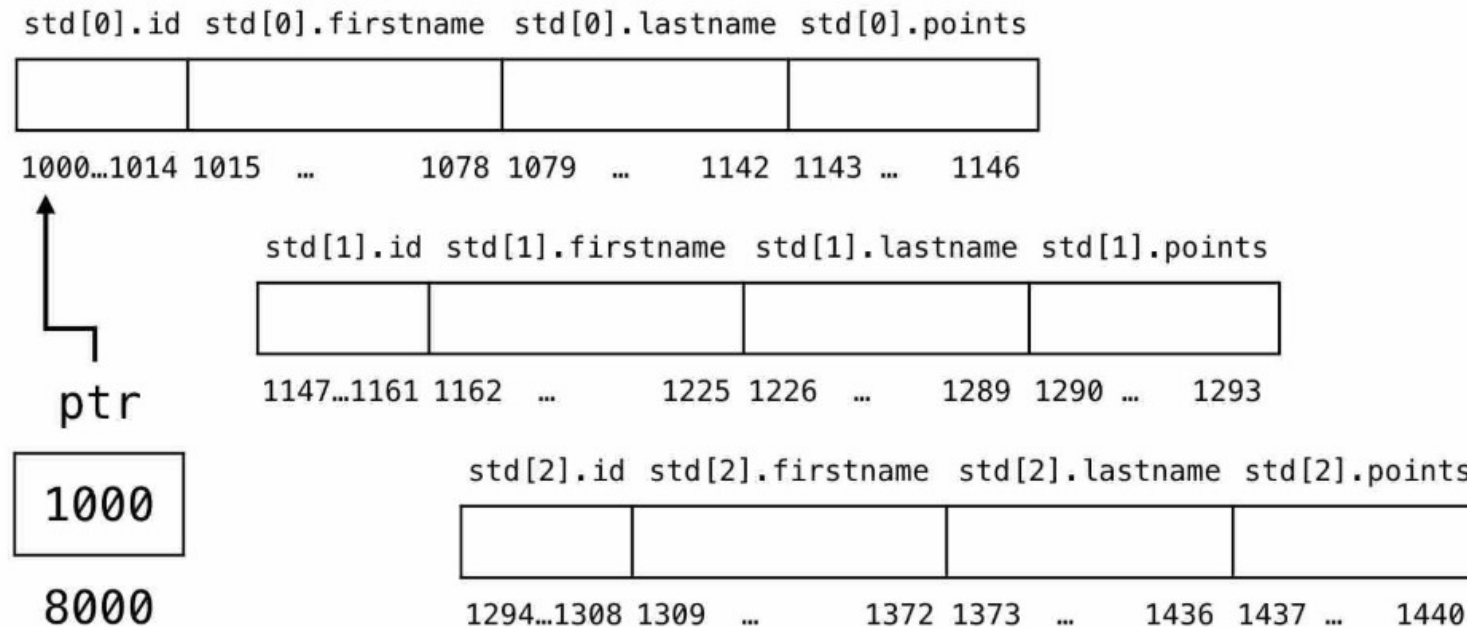
return 0;
}
```

Adaptado de <https://www.dyclassroom.com/c/c-pointers-and-array-of-structures>.

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de vetor de *structs*:

✓ Example for $N = 3$.



9. Alocação Dinâmica de Memória

- O uso repetido de **malloc()**, **calloc()** ou **realloc()** e **free()** pode causar dois problemas:

- *Memory leak*
- Fragmentação da memória

9. Alocação Dinâmica de Memória

- *Memory leaks:*

✓ Um programa compilado em linguagem C cria e usa quatro regiões, logicamente distintas na memória, que possuem funções específicas:

Memória	Uso
Código do Programa	Instruções propriamente ditas e os dados só de leitura (por exemplo, constantes do programa).
Dados	Variáveis globais e estáticas (<i>static</i>).
<div>Pilha ↓</div>	Contém o endereço de retorno das chamadas de função, os argumentos para funções e variáveis locais.
<div>↑ Heap</div>	Região de memória livre destinada à alocação dinâmica.

9. Alocação Dinâmica de Memória

- *Memory leaks*:

✓ Se você alocar regiões de memória com `malloc()`, mas depois do uso não liberar estas regiões com o `free()`, temos caracterizado o *memory leak*.

Memória	Uso
Código do Programa	Instruções propriamente ditas e os dados só de leitura (por exemplo, constantes do programa).
Dados	Variáveis globais e estáticas (<i>static</i>).
Pilha ↓	Contém o endereço de retorno das chamadas de função, os argumentos para funções e variáveis locais.
↑ Heap	Região de memória livre destinada à alocação dinâmica.



9. Alocação Dinâmica de Memória

- *Memory leaks*: Exemplo 1.

```
int funcao(char *data) {  
  
    int *ptr = NULL;  
    int N = strlen(data), i;  
  
    ptr = (int *)malloc(N*sizeof(int));  
  
    if (N < 10)  
        return -1;  
    else  
        for(i = 0; i < N; i++)    ptr[i] = i;  
  
    free(ptr);  
  
    return 0;  
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- *Memory leaks*: Exemplo 2.

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

int main(int argc, char *argv[])
{
    char *ptr1, *ptr2;

    ptr1 = (char *)malloc(10*sizeof(char));
    ptr1 = "Alexandre";
    ptr2 = (char *)malloc(10*sizeof(char));
    ptr2 = "Zaghetto";
    ptr1 = ptr2;

    free(ptr1);
    free(ptr2);
    return 0;
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- *Memory leaks*: Exemplo 3.

```
char *func ( )  
{  
    return malloc(20);  
}  
  
void callingFunc ( )  
{  
    func ( );  
    // Problema aqui  
    // O endereço de retorno  
    // não é armazenado.  
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- *Memory leaks*: Exemplo 4.



- Problema:

```
free(ptr1);
```

- Correto:

```
free(ptr1->ptr2);  
free(ptr1);
```



9. Alocação Dinâmica de Memória

- Fragmentação da memória:
 - *Heaps* acabam sendo compostas por **regiões de memória usadas** intercaladas com **regiões não usadas**, ou seja, a memória torna-se fragmentada.
 - Encontrar um espaço de memória livre do tamanho de que se necessita pode se tornar com o tempo um problema difícil.

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Problema com *Heaps*:

Heap está inicialmente vazia.



Alocamos 7 bytes para foo.



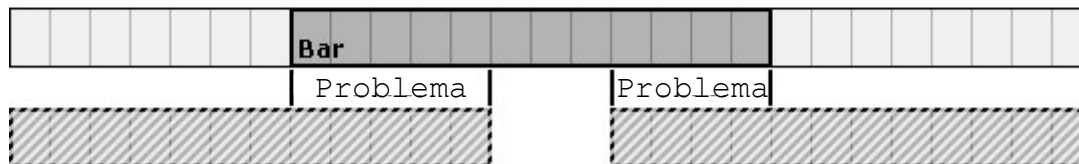
Alocamos 12 bytes para bar.



Desalocamos foo.



Alocar novos 12 bytes agora fica complicado.



9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de matrizes:
 - A alocação dinâmica de matrizes é realizada por meio das funções de manipulação de memória já apresentadas.
 - Pode ser feitas de duas maneiras:
 1. Utilizando um único ponteiro e “entendendo” os valores lidos como sendo elementos de uma matriz.
 2. Utilizando ponteiro para ponteiro.

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de matrizes (utilizando um único ponteiro):

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

int main (int argc, char *argv[])
{

    int i,j, *mat;
    int Nlin, Ncol;

    printf("Digite o número de linhas da matriz:");
    scanf("%d", &Nlin);
    printf("Digite o número de colunas da matriz:");
    scanf("%d", &Ncol);

    mat = (int*) malloc(Nlin*Ncol*sizeof(int));
```

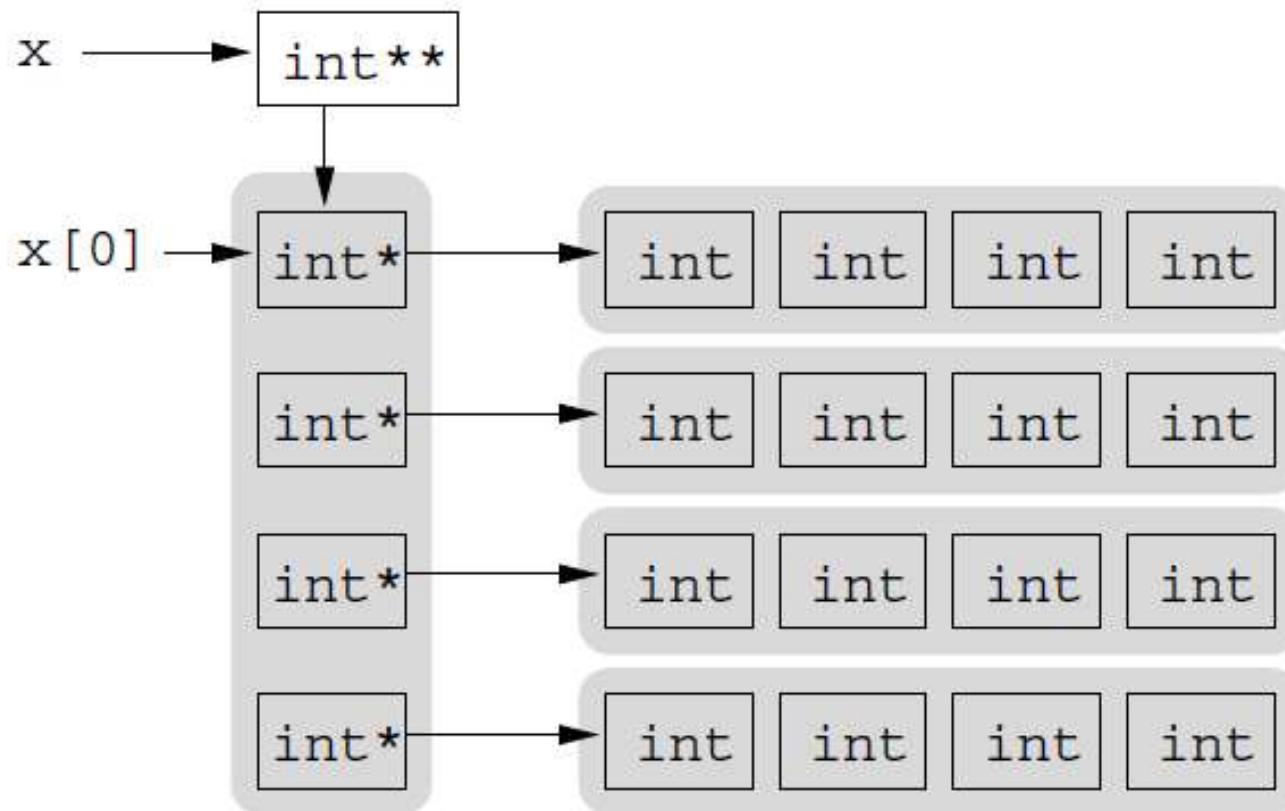


9. Alocação Dinâmica de Memória

```
for (i=0;i<Nlin;i++){  
    for (j=0;j<Ncol;j++){  
        {  
            printf("Digite o valor [%d][%d] da matriz:",i,j);  
            scanf("%d", mat+(i*Ncol)+j);  
        }  
    }  
  
    for (i=0;i<Nlin;i++){  
        for (j=0;j<Ncol;j++){  
            {  
                printf("MAT[%d][%d]: %d \n",i,j, *(mat+(i*Ncol)+j));  
            }  
        }  
    }  
  
    free(mat);  
  
    return 0;  
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de matrizes (utilizando ponteiro para ponteiro):



9. Alocação Dinâmica de Memória

- Alocação de matrizes (utilizando ponteiro para ponteiro):

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

int main (int argc, char *argv[])
{
    int i,j, **mat;
    int Nlin, Ncol;

    printf("Digite o número de linhas da matriz:");
    scanf("%d", &Nlin);
    printf("Digite o número de colunas da matriz:");
    scanf("%d", &Ncol);

    mat = (int**) malloc(Nlin*sizeof(int *));

    for(i = 0; i<Nlin; i++)
        *(mat+i) = (int*) malloc(Ncol*sizeof(int));
    // mat[i] = (int*) malloc(Ncol*sizeof(int));
```



9. Alocação Dinâmica de Memória

```
for (i=0;i<Nlin;i++){  
    for (j=0;j<Ncol;j++){  
        printf("Digite o valor [%d][%d] da matriz:",i,j);  
        scanf("%d", *(mat+i)+j);  
        //scanf("%d",&mat[i][j]);  
    }  
}  
  
for (i=0;i<Nlin;i++){  
    for (j=0;j<Ncol;j++){  
        printf("MAT[%d][%d]: %d \n",i,j, (*(mat+i)+j));  
        //printf("MAT[%d][%d]: %d \n",i,j, mat[i][j]);  
    }  
}
```



9. Alocação Dinâmica de Memória

```
for (i=0;i<Nlin;i++)  
    free(* (mat+i));  
  
//for (i=0;i<Nlin;i++)  
//    free(mat[i]);  
  
free(mat);  
  
    return 0;  
}
```

9. Alocação Dinâmica de Memória

- Passando *matrizes* por referência:

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

void imprimematriz(int **, int, int);

int main(int argc, char *argv[])
{

    int L = 4, C = 3, **M;
    int i, j;

    M = (int **)malloc(L*sizeof(int *));

    for(i = 0; i < L; i++)
        *(M+i) = (int *)malloc(C*sizeof(int));
```


9. Alocação Dinâmica de Memória

```
for(i = 0; i<L; i++)
    for(j = 0; j<C; j++)
        M[i][j] = i*j;

imprimematriz(M, L, C);

return 0;
}

void imprimematriz(int **M, int L, int C){

    int i, j;

    for(i = 0; i<L; i++){
        for(j = 0; j<C; j++) printf("%d ", *(M+i)+j));
        printf("\n");
    }
}
```

2. Pausa em Repetições

“Ora, está longe de ser óbvio, de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos sejam esses; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa: independentemente de quantos casos de cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que *todos* os cisnes são brancos.” Karl Popper