Alocação Dinâmica de Memória

Prof. Jefferson T. Oliva

Algoritmos e Estrutura de Dados I (AE22CP)
Engenharia de Computação
Departamento Acadêmico de Informática (Dainf)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Campus Pato Branco

DAINF
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
CÂMPUS PATO BRANCO

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Sumário

- Alocação Estática
- Alocação Dinâmica
  - *malloc*
  - *calloc*
  - *realloc*
  - *free*
  - Alocação em Funções
- Alocação Estática de Matrizes
- Alocação Dinâmica de Matrizes
- Erros Comuns em Alocação Dinâmica

Introdução

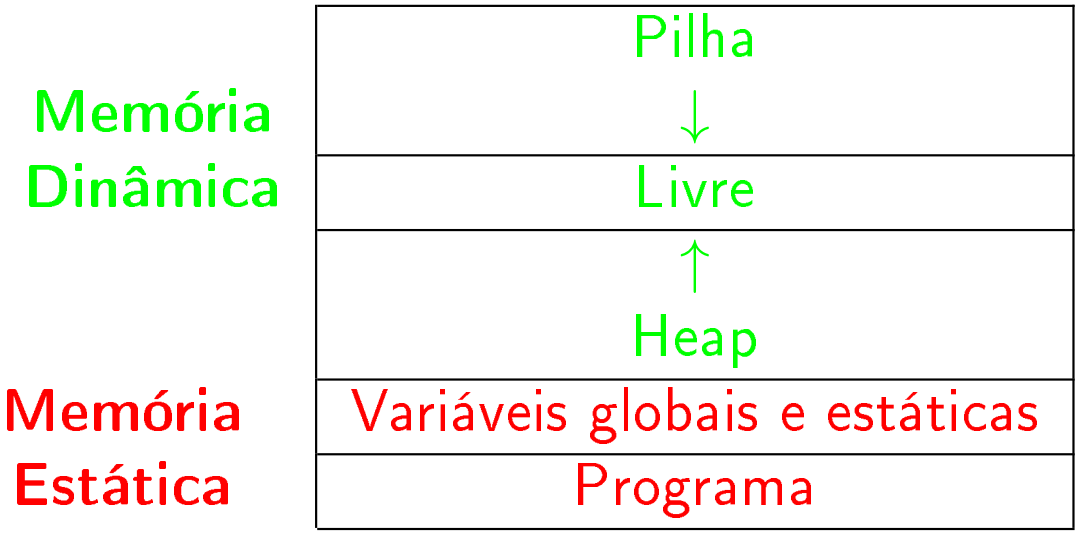
- O compilador reserva espaço na memória principal para todos os dados declarados explicitamente
  - Armazenamento em bytes

```
char c; // 1 byte
int i; // 4 bytes
char s[10]; // 10 bytes (1 * 10)
int v[20]; // 80 bytes (4 * 20)
float f; // 4 bytes
double s; // 8 bytes
```

- A subdivisão da memória ocorre para evitar conflitos durante a execução
  - Programas, variáveis globais e estáticas
  - Pilha
  - Heap

Introdução

- Memória principal



Sumário

Alocação Estática

Alocação Estática

- O espaço de memória para as variáveis é reservado no início da execução
- Variáveis locais alocadas estaticamente não podem ser alteradas após a execução de uma função
- A quantidade total de memória utilizada pelos dados é previamente conhecida, mas não pode ser alterada
  - Exemplo:
    ```
    int v[15];
    ```
- A forma mais natural de armazenar um conjunto de elementos é a alocação sequencial

Alocação Estática

- Variáveis globais (e estáticas):
  - Espaço reservado existe enquanto o programa estiver executando
- Variáveis locais:
  - Espaço reservado existe enquanto a função estiver sendo executada
  - Espaço liberado ao final da execução (Pilha)
- Arranjos

Alocação Estática

- Vantagens da alocação estática
  - Simplicidade
  - Fácil organização
  - O acesso aos dados é imediato e simples
- Desvantagens:
  - Análise de memória necessária durante programação
  - Memória não pode ser redimensionada

Sumário

Alocação Dinâmica

Alocação Dinâmica

- Espaço de memória requisitado em tempo de execução
- Utiliza funções de sistema para alocar e liberar espaços no espaço de memória *heap*
  - Espaços alocados e não liberados são desalocados apenas no final da execução do programa
- Vantagens:
  - Minimiza o desperdício de recursos
  - Possibilita o redimensionamento do espaço de memória alocado
  - Otimiza o gerenciamento de memória no sistema

Alocação Dinâmica

- A memória alocada dinamicamente é acessada através de Apontadores
  - Variáveis que armazenam o endereço de uma área de memória

```
int *p, *q, x;

p = &x;

*q = 2; // não pode, pois não há um endereço associado
ao ponteiro q
```

- No exemplo acima, os ponteiros são nulos (NULL) quando declarados
  - Como fazemos para vincular o ponteiro a um novo endereço de memória em vez de um já existente, como no caso da variável x?

Alocação Dinâmica

- Funções da biblioteca padrão "stdlib.h":
  - *malloc*
  - *calloc*
  - *realloc*
  - *free*

Alocação Dinâmica

malloc

- ***void* malloc(size_t x)***: responsável por alocar um tamanho x (em bytes) de memória, e retornar um ponteiro para o endereço base de memória

- Exemplo

```
int main(void){
   int *p;
   int amount = 15;

   p = (int*) malloc(amount * sizeof(int));

   return 0;
}
```

- O *malloc* pode ser usando sem o *typecasting* (no exemplo acima é dado por *(int*)*), mas pode acarretar em *warnings* durante a compilação

Alocação Dinâmica

malloc

- Exemplo 2

```
int main(void){
   int *p2;
   p2 = (int*) malloc(sizeof(int));
   *p2 = 5;

   return 0;
}
```

  - E se a função *malloc* retornar NULL?
    - Como essa situação poderia ocorrer?

- Exemplo 2

```
int main(void){
   int *p2;
   p2 = (int*) malloc(sizeof(int));

   if (p2 == NULL){
     printf("Falha ao alocar.  Espaco insuficiente!");
     exit(1);
   }

   *p2 = 5;

   return 0;
}
```

Alocação Dinâmica

calloc

- ***void* calloc(size_t x, size_t y)***: aloca x vezes o tamanho y, devolvendo um ponteiro para o endereço base da região alocada

- Inicializa o conteúdo da memória com valor zero

- Exemplo

```
int main(void){
   int *p;
   int amount = 15;

   p = (int*) calloc(amount, sizeof(int));

   return 0;
}
```

Alocação Dinâmica

calloc

- *Calloc* faz a mesma coisa que *malloc*
  - Diferença: *calloc* zera todo o espaço alocado
  - Isso significa que a função *calloc* é mais custosa em comparação à *malloc*
  - Por outro lado, após o uso do comando *malloc*, na memória alocada poderá ter lixo
  - Mesmo assim, *malloc* é mais utilizado em comparação com o *calloc*

Alocação Dinâmica

realloc

- ***void* realloc(void* ptr, size_t x)***: modifica o tamanho de memória já alocada
  - Altera o tamanho da memoria apontada pelo ponteiro *ptr* para *x* bytes
  - Não há perda do conteúdo da faixa de memoria inicial
  - O conteúdo do endereço extra é indefinido
  - Caso o compilador não encontre memória suficiente para fazer realocação, os endereços permanecem inalterados e a função retorna um ponteiro NULL

Alocação Dinâmica

realloc

- Exemplo

```
int main(void){
   char *s;

   //armazenar 12 caracteres e \0
   s = (char*) malloc(13 * sizeof(char));

   //colocando uma frase na string
   strcpy(s, "kame hame ha");

   //realocar espaço para mais um caractere
   s = (char*) realloc(s, 14 * sizeof(char));

   //adicionando o ponto de exclamação à string
   strcat(s, "!");

   return 0;
}
```

Alocação Dinâmica

free

- ***void free(void* ptr)***: devolve ao *heap* a memória apontada por *ptr*
  - Aceita apenas ponteiros alocados dinamicamente
  - Deve ser usada para liberar blocos de memória inteiros e não partes do bloco

```
int main(void){
   int *p;
   int amount = 15;

   p = (int*) malloc(amount * sizeof(int));

   free(p);

   return 0;
}
```

Alocação Dinâmica

Alocação em Funções

- Declaração estática: perde referência ao fim da execução
- Declaração dinâmica: disponível para acesso após fim da execução

- Exemplo de implementação com problemas:

```
int* func(int *v){
   int p[2];

   p[0] = v[0] * v[0];
   p[1] = v[1] * v[1];

   return p;
}
```

  - Ao compilar essa função, aparecerá um alerta informando que o endereço de uma variável local é retornado
  - Em outras palavras, o vetor resultante não pode ser acessado após a execução da função

- Correção da implementação anterior:

```
int* func(int *v){
   int *p = (int*) malloc(2 * sizeof(int));

   p[0] = v[0] * v[0];
   p[1] = v[1] * v[1];

   return p;
}
```

- Exemplo 2:

```
typedef struct{
   int item[100];
   int quantidade;
}Vetor;

Vetor* iniciar_vetor(){
   int i;
   Vetor* v = (Vetor*) malloc(sizeof(Vetor)); // e se
usarmos calloc?

   v->quantidade = 0;

   for (i = 0; i < 100; i++)
     v->item[i] = 0;

   return v;
}
```

- Exemplo 3:

```
typedef struct{
   int n;
   int *item;
}Vetor;

Vetor* iniciar_vetor(int n){
   Vetor* v = (Vetor*) malloc(sizeof(Vetor));

   v->n = n;
   v->item = (int*) malloc(sizeof(int));

   return v;
}
```

Alocação Estática de Matrizes

Alocação Estática de Matrizes

- Conjunto de vários vetores
- Organizadas por linhas e colunas
- Todos os dados estão dispostos sequencialmente na memória principal

```
int rows = 5;
int cols = 5;

int mat[rows][cols];
```

Alocação Estática de Matrizes

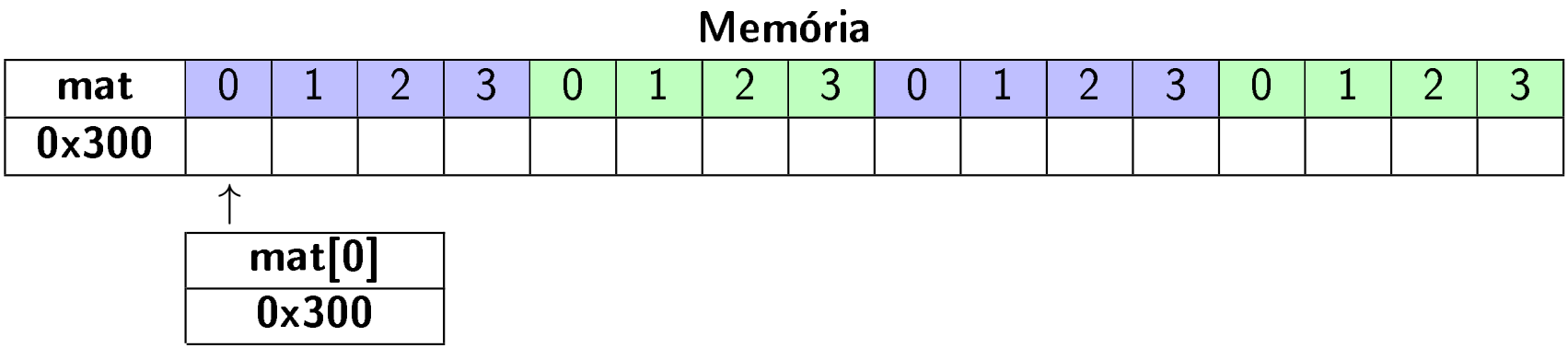
```
int rows = 4;
int cols = 4;

int mat[rows][cols];
```

Memória

mat	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
0x300																

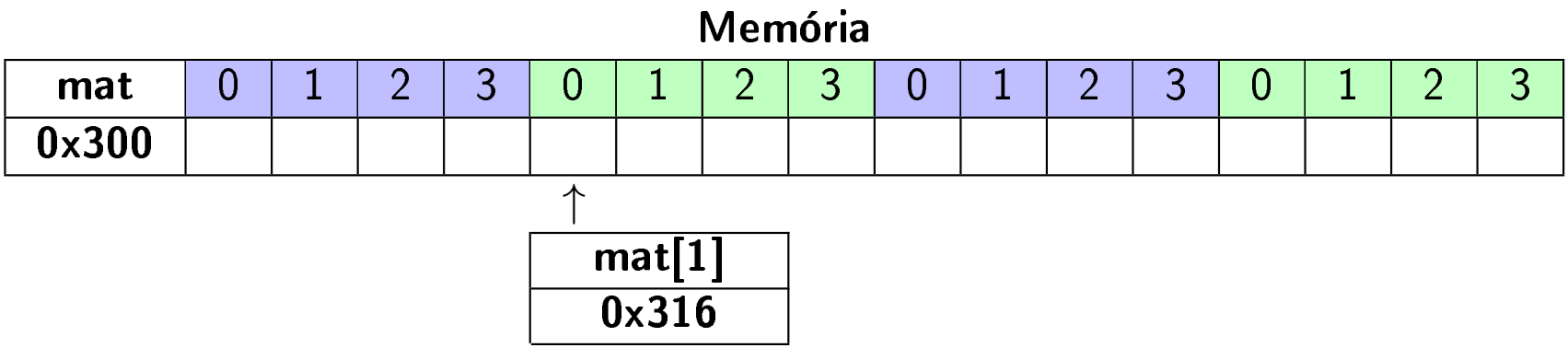
Alocação Estática de Matrizes

```
int rows = 4;
int cols = 4;

int mat[rows][cols];
```



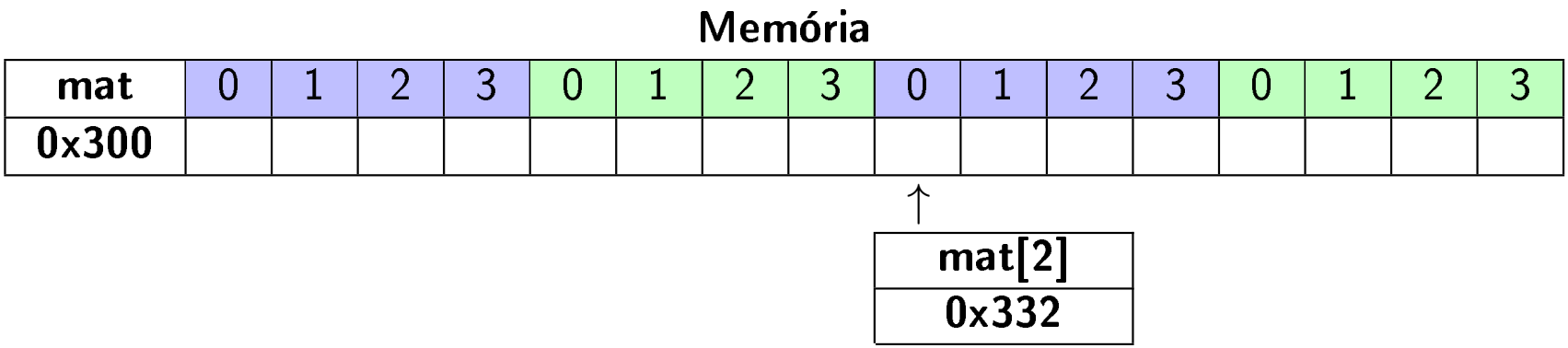
Alocação Estática de Matrizes

```
int rows = 4;
int cols = 4;

int mat[rows][cols];
```



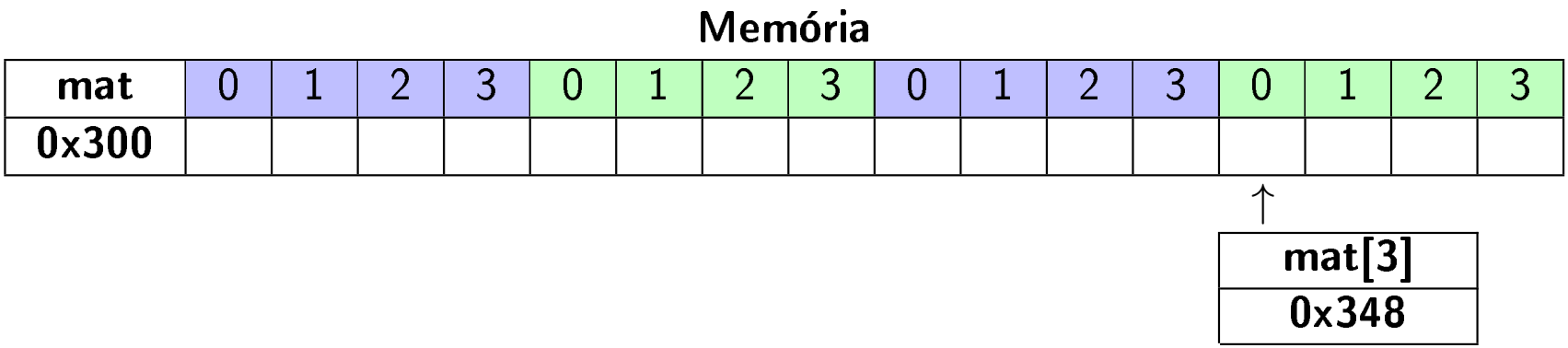
Alocação Estática de Matrizes

```
int rows = 4;
int cols = 4;

int mat[rows][cols];
```



Alocação Estática de Matrizes

```
int rows = 4;
int cols = 4;

int mat[rows][cols];
```



Alocação Dinâmica de Matrizes

Alocação Dinâmica de Matrizes

- Função para alocar uma matriz quadrada $n \times n$

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

- Uso de ponteiro de ponteiro: tipo de variável que armazena o endereço de outro ponteiro

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

- Um vetor de ponteiros é alocado
  - Cada ponteiro representará uma linha

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

- Um vetor para cada linha da matriz é alocado
  - Cada ponteiro recebe um vetor alocado dinamicamente

Alocação Dinâmica de Matrizes

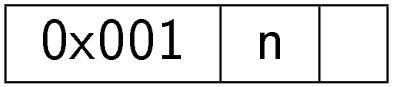
```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

- Um ponteiro de ponteiro é retornado
  - Ao ser alocado na *heap*, a matriz continuará existindo após finalizar a função
  - A matriz só será liberada quando o programa finalizar ou ser dado um comando *free(mat)*

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória



Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória

0x001	n	4

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória

0x001	n	4
0x005	i	

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória

0x001	n	4
0x005	i	
0x125	mat	

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória

0x001	n	4
0x005	i	
0x125	mat	0x318

0x318	
0	
1	
2	
3	

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória

0x001	n	4
0x005	i	0
0x125	mat	0x318

0x318	
0	0x224
1	
2	
3	

0x224	0	1	2	3

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória

0x001	n	4
0x005	i	1
0x125	mat	0x318

0x318	
0	0x224
1	0x232
2	
3	

0x232	0	1	2	3

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória

0x001	n	4
0x005	i	2
0x125	mat	0x318

0x318	
0	0x224
1	0x232
2	0x240
3	

0x240	0	1	2	3

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Memória

0x001	n	4
0x005	i	3
0x125	mat	0x318

0x318	
0	0x224
1	0x232
2	0x240
3	0x248

0x248	0	1	2	3

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int** create_matrix(int n){
   int i;
   int **mat;

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

   for (i = 0; i < n; i++)
     mat[i] = (int*) malloc(n * sizeof(int));

   return mat;
}
```

Alocação Dinâmica de Matrizes

- Vetores são estruturas alocadas sempre sequencialmente na memória

- Com a alocação dinâmica de matrizes é possível:
  - Alocar matrizes maiores
    - Menor restrição de tamanho por faixas de memória
    - Fragmentação dos dados em espaços adequados
  - Alocar matrizes onde cada linha possui um tamanho diferente, otimizando espaço durante a execução

Erros Comuns em Alocação Dinâmica

```
int main(){
    int v = malloc(sizeof(int));
    free(v);
    return 0;
}
```

- As funções de alocação dinâmica devem ser utilizadas apenas para ponteiros

- Solução:

```
int main(){
    int *v = malloc(sizeof(int));
    free(v);
    return 0;
}
```

Erros Comuns em Alocação Dinâmica

```
int main(){
   int n = 10;
   int *v = malloc(sizeof(int) * n);
   *v = malloc(sizeof(int) * n);
   free(v);
   return 0;
}
```

- O ponteiro v é alocado duas vezes, mas a primeira alocação é perdida

- Solução: usar um ponteiro para cada alocação ou liberar o espaço referente à primeira alocação

```
int main(){
   int n = 10;
   int *v = malloc(sizeof(int) * n);
   int *v2 = malloc(sizeof(int) * n);
   free(v);
   free(v2);
   return 0;
}
```

Erros Comuns em Alocação Dinâmica

```
int main(){
    int *v = malloc(sizeof(2));
    free(v);
    return 0;
}
```

- Alocação de espaço insuficiente para o tipo de dado
- Solução: usar *sizeof* (caso seja um vetor, multiplicar o resultado da função pela quantidade de itens) ou colocar o tamanho exato do espaço necessário

```
int main(){
    int *v = malloc(sizeof(int));
    free(v);
    return 0;
}
```

Erros Comuns em Alocação Dinâmica

```
int main(){
   int n = 10;
   int *v = malloc(sizeof(int) * n);
   free(*v);
   return 0;
}
```

- Utilizar um valor em vez de um ponteiro alocado dinamicamente

- Solução: utilizar ponteiro alocado dinamicamente

```
int main(){
   int n = 10;
   int *v = malloc(sizeof(int) * n);
   free(v);
   return 0;
}
```

Erros Comuns em Alocação Dinâmica

```
int main(){
   int n = 10;
   int *p = &n;
   free(p);
   return 0;
}
```

- Liberar ponteiro não alocado dinamicamente na função *free*
- Solução: Não usar a função *free* ou usar ponteiro alocado dinamicamente

```
int main(){
   int n = 10;
   int *p = malloc(sizeof(n));
   *p = n;
   free(p);
   return 0;
}
```

Erros Comuns em Alocação Dinâmica

```
void imprimir_e_liberar(int *v, int){
   int i;
   free(v);
   for (i = 0; i < n; i++)
     printf("%d\n", v[i]);
}
```

- Liberar ponteiro antes do seu uso

- Solução: liberar o ponteiro após o seu uso

```
void imprimir_e_liberar(int *v, int){
   int i;
   for (i = 0; i < n; i++)
     printf("%d\n", v[i]);
   free(v);
}
```

Referências I


Arakaki, R.; Arakaki, J.; Angerami, P. M.; Aoki, O. L.; Salles, D. S.
Fundamentos de programação C: técnicas e aplicações.
LTC, 1990.


Deitel, H. M.; Deitel, P. J.
Como programar em C.
LTC, 1999.


Pereira, S. L.
Estrutura de Dados e em C: uma abordagem didática.
Saraiva, 2016.


Tenenbaum, A.; Langsam, Y.
Estruturas de Dados usando C.
Pearson, 1995.