UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Ponteiros & Alocação

Aula 14 | versão 1.2

Marcos Silvano Almeida
marcossilvano@professores.utfpr.edu.br
Departamento de Computação
UTFPR Campo Mourão

Roteiro

- Layout de programa C na memória
- Tipos de alocação
  - Alocação automática
  - Alocação global/estática
  - Alocação manual de memória
- Exemplo: Alocação de vetores bidimensionais
- Retornando vetor de uma função

Layout da memória de um programa C

- O código asm (assembly) gerado pelo compilador C organizar o código em seções. De forma simplificada, temos as seguintes seções:
  - Instruções
    - Código do programa
  - Variáveis globais e estáticas
    - Variáveis de escopo global ou estáticas locais
  - Heap
    - Área de alocação livre (alocação manual)
  - Stack
    - Pilha de chamada de funções
    - Aloca variáveis declaradas nas funções

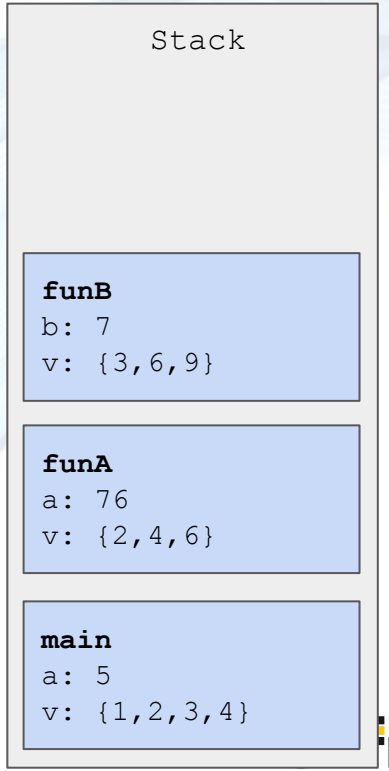
- Até agora, temos utilizado somente variáveis de **alocação automática**

Alocação Automática em Pilha

Alocação: automática

- Variáveis alocadas e liberadas automaticamente dentro do frame/instância das funções, na pilha de chamadas

```
void funB() {
    int b = 7;
    int v = {3,6,9};
}
void funA() {
    int a = 76;
    int v[] = {2,4,6};
    funB();
}
int main() {
    int a = 5;
    int v[] = {1,2,3,4};
    funA();
}
```



Alocação Global e Estática

Alocação: global ou estática

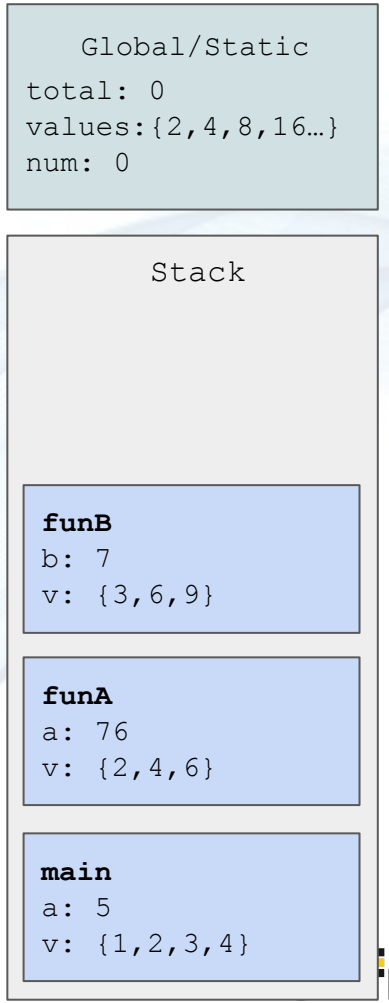
- Variáveis alocadas durante todo o programa

```
int total = 0;
int values[6] = {2,4,8,16,32,64};

void funB() {
    static num = 0;
    ...
}

void funA() { ... }

int main() {
    int a = 5;
    int v[] = {1,2,3,4};
    funA();
}
```



Alocação Manual em Heap

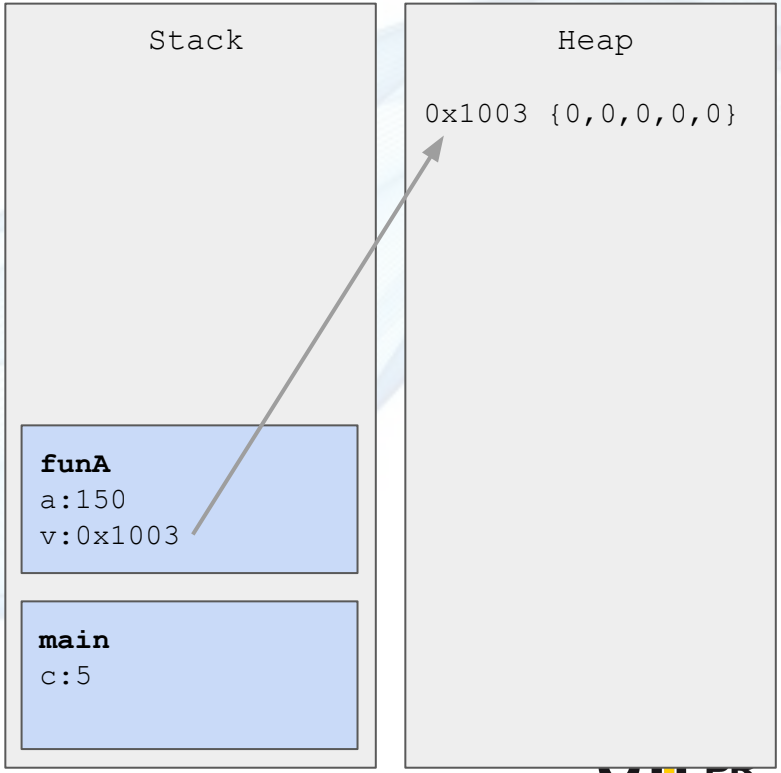
Alocação: manual em heap

- Alocação e liberação é feita manualmente: malloc() e free()

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

int funA() {
    int a = 150;
    int *v = malloc(5 * sizeof(int));
    // faz algo com o array...
    free(v);
}

int main() {
    int c = 5;
    funA();
    return 0;
}
```

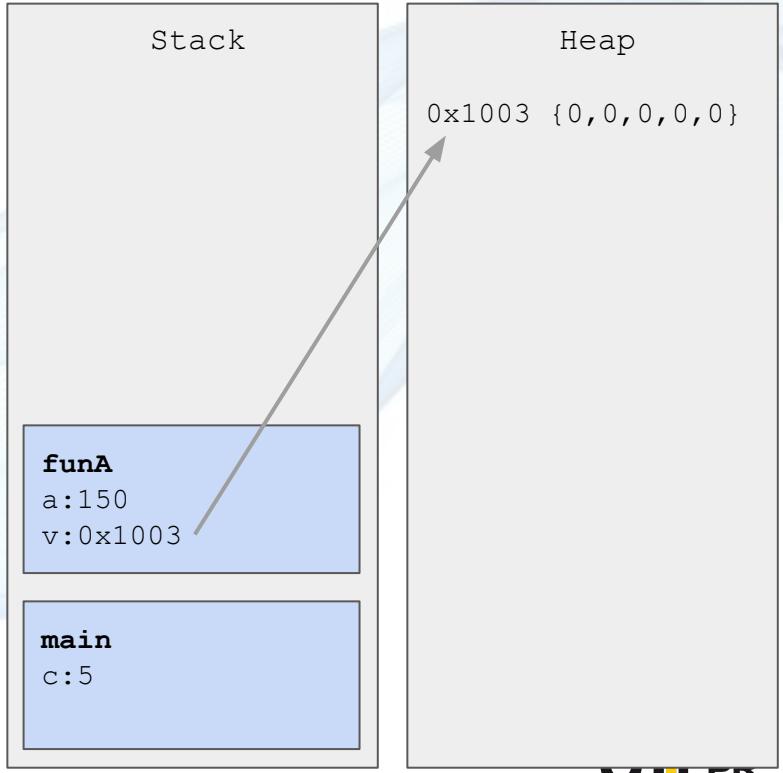


Alocação: manual em heap

- Boas práticas em alocação e liberação

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

int funA() {
      int a = 150;
      int *v = malloc(5 * sizeof(int));
      if (v == NULL) return;// conseguiu alocar?
      // faz algo com o array...
      free(v);
      v = NULL;                  // ponteiro nulo (inválido)
}
int main() {
      int c = 5;
      funA();
      return 0;
}
```

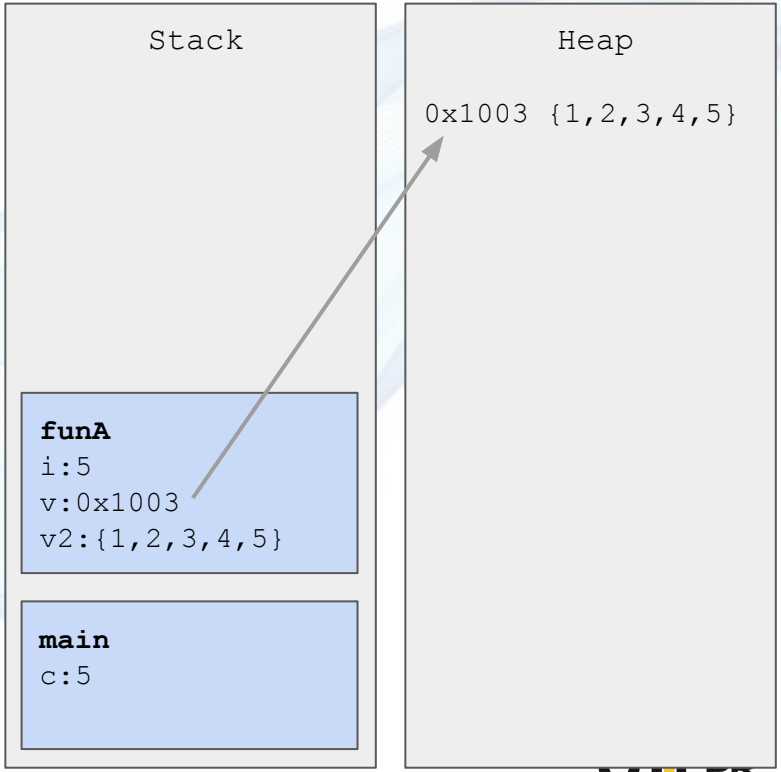


Alocação manual em heap vs automática na stack

- Vetor alocado na heap vs stack

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

int funA() {
      int *v1 = malloc(5 * sizeof(int));
      for (int i = 0; i < 5; i++) v1[i] = (i+1);
      int v2[5] = {1,2,3,4,5};
      free(v);
}
int main() {
      int c = 5;
      funA();
      return 0;
}
```



Manipulação de vetor alocado em Heap

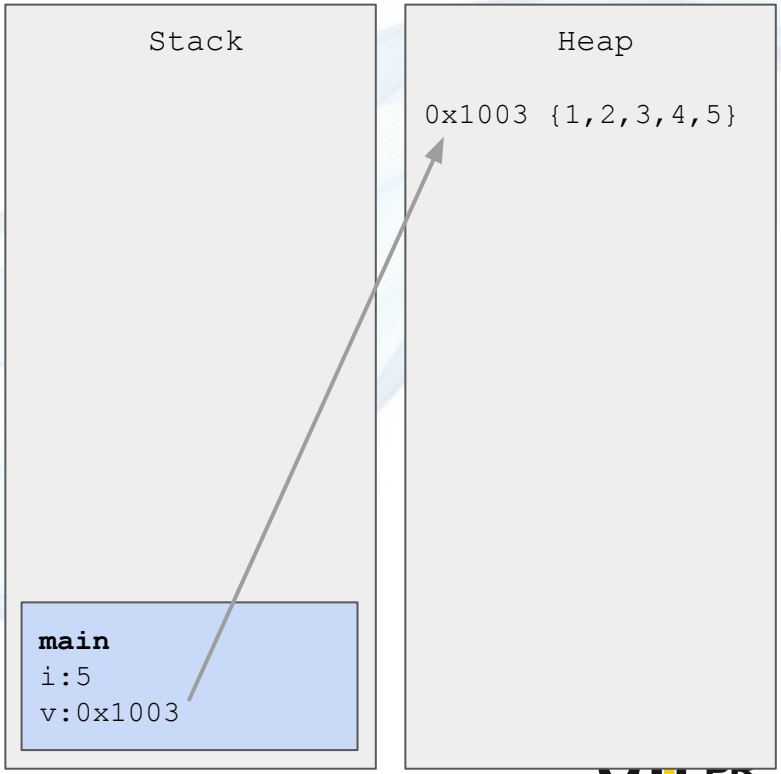
Manipulando vetor alocado em heap

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

int main() {
      int *v = malloc(5 * sizeof(int));

      // acesso aos elementos do vetor ocorre
      // normalmente por índice ou ponteiro
      for (int i = 0; i < 5; i++) {
            v[i] = (i+1);
      }

      int *p = v;
      for (int i = 0; i < 5; i++) {
            printf("%d\n",*p);
            p++;
      }
      free(v);
      return 0;
}
```



Alocação de matriz (vetor 2D)

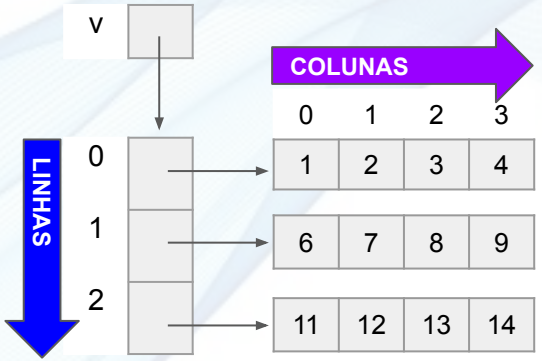
Alocando matriz 3x4

- Para alocar vetores de 2 ou mais dimensões, é preciso usar ponteiros de ponteiros

```
// Passo 1: alocar array com 3 ponteiros
// (Apontará para os vetores de inteiros das linhas)
int** v = malloc(3 * sizeof(int*));

int k = 1;
// Passo 2: alocar cada vetor das 3 linhas
for (int i = 0; i < 3; i++) {
    // Cada linha é um vetor de 4 colunas
    v[i] = malloc(4 * sizeof(int));

    // Neste exemplo, preenche linhas com contagem
    for (int j = 0; j < 4; j++) {
        v[i][j] = k;
        k++;
    }
}
```



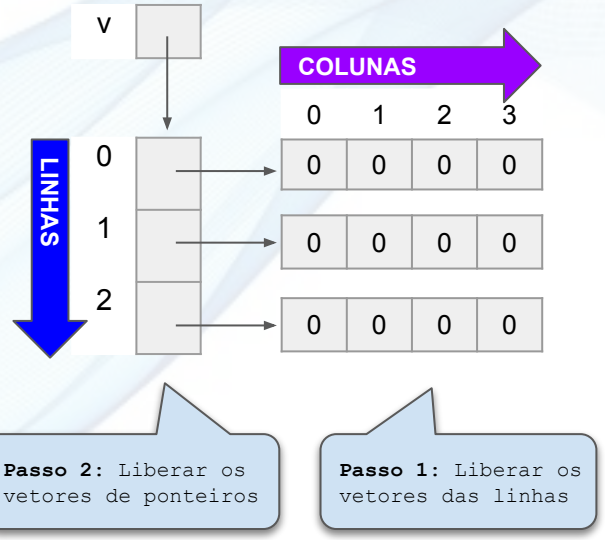
Liberando matriz 3x4

- Para liberar matriz, é preciso seguir na ordem contrária à alocação

```
// ######## ALOCAR MATRIZ 3x4 ########
// Passo 1: alocar array com 3 ponteiros
// (Apontará para os vetores de inteiros das linhas)
int** v = malloc(3 * sizeof(int*));

// Passo 2: alocar cada vetor das 3 linhas
for (int i = 0; i < 3; i++) {
    // Cada linha é um vetor de 4 colunas
    v[i] = malloc(4 * sizeof(int));
}

// ######## LIBERAR MATRIZ 3x4 ########
// Passo 1: liberar cada vetor das 3 linhas
for (int i = 0; i < 3; i++) {
    free(v[i]);
}
// Passo 2: liberar o vetor principal de 3 ponteiros
free(v);
```

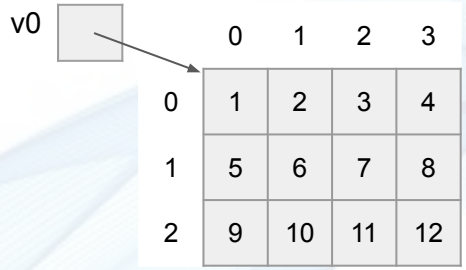


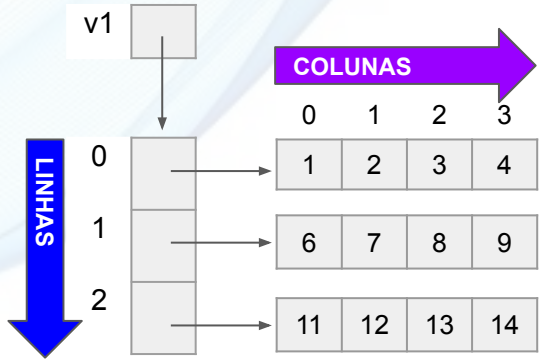
Matriz: alocação manual em heap vs automática em stack

- Alocação na stack é contígua, mas na heap, não.

```
int v0[3][4] = {  // array 2D alocado
    {1, 2, 3, 4}, // automaticamente na stack
    {5, 6, 7, 8},
    {9,10,11,12}
};

int** v1 = malloc(3 * sizeof(int*)); // array de ponteiros das linhas
int k = 1;
// arrays dos valores de cada linha (colunas)
for (int i = 0; i < 3; i++) {
    v1[i] = malloc(4 * sizeof(int));
    // Neste exemplo, preenche linhas com contagem
    for (int j = 0; j < 4; j++) {
        v1[i][j] = k;
        k++;
    }
}
```





Criando e devolvendo vetor de função

Criando e devolvendo vetor de função

- Para devolvermos um vetor criado em uma função, o mesmo precisa ser alocado na heap.
  - Se for alocado automaticamente na pilha, deixará de existir ao término da função.

```
int* create_vector(int n, int value) {
    int* vec = malloc(sizeof(int) * n);  // n * 4 bytes (tamanho do inteiro)

    for (int i = 0; i < n; i++) {
        vec[i] = value;
    }
    return vec;  // retorna endereço do vetor
}

int main() {
    int* v = create_vector(5, 0);
    // faz algo com o vetor...
    free(v); // libera
    return 0;
}
```

UTFPR

Criando e devolvendo matriz de função

- Podemos criar duas funções, para alocar matriz e para liberar matriz

```
/*  EXEMPLO MATRIZ 3x4
    STACK (função)    HEAP
    v --------------> [ ]----> [1, 2, 3, 4]
                      [ ]----> [5, 6, 7, 8]
                      [ ]----> [9,10,11,12]
*/
int** create_vector2D(int rows, int cols, int value) {
    int** v = malloc(rows * sizeof(int*));
    for (int i = 0; i < rows; i++) {
        v[i] = malloc(cols * sizeof(int));
    return v;
}
int** free_vector2D(int rows, int** v) {
    for (int i = 0; i < rows; i++) free(v[i]);
    free(v);
    return NULL;
}
```

```
// Utilizando as funções para
// alocar e liberar matriz
int main() {
    int** v = create_vector2D(3,4);

    // faz algo com a matriz...

    v = free_vector2D(3);
    return 0;
}
```

Criando e devolvendo vetor de structs em função

- O processo é o mesmo para vetores de qualquer outro elemento

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

struct item {
    int id;
    char name[51];
};
typedef struct item Item;

Item* create_items(int n) {
    Item* items = malloc(n * sizeof(Item));
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        items[i].id = i+1;
        snprintf(items[i].name,51,"Item %d",i+1);
    }
    return items;
}
```

```c
void print_items(int n, Item* v) {
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        printf("{%d, %s}\n", v->id, v->name);
        v++;

        //Alternativa:
        //printf("{%d,%s}\n",v[i].id ,v[i].name);
    }
}

int main() {
    Item* items_list = create_items(5);
    print_items(5, items_list);
    free(items_list);

    return 0;
}
```

Referências

- Algoritmos e Programação
  - Marcela Gonçalves dos Santos
  - Disponível pelo Moodle

- Estruturas de Dados, Waldemar Celes e José Lucas Rangel
  - PUC-RIO - Curso de Engenharia
  - Disponível pelo Moodle

- Linguagem C, Silvio do Lago Pereira
  - USP - Instituto de Matemática e Estatística
  - Disponível pelo Moodle

- Curso Interativo da Linguagem C
  - https://www.tutorialspoint.com/cprogramming