MC-102 — Aula 22
Ponteiros II

Instituto de Computação – Unicamp

5 de Outubro de 2015

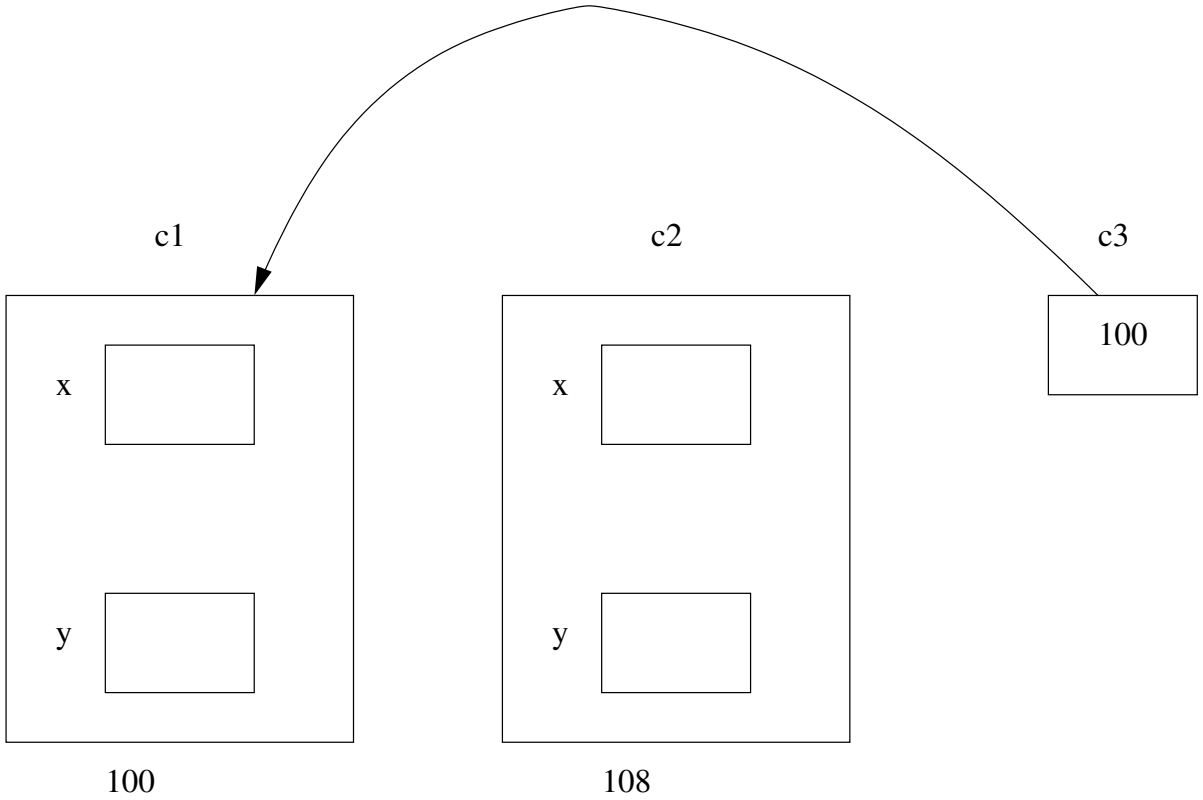
Roteiro

Ponteiros para Registros

- Ao criarmos uma variável de um tipo **struct**, esta é armazenada na memória como qualquer outra variável, e portanto possui um endereço.
- É possível então criar um ponteiro para uma variável de um tipo **struct**!

```
#include <stdio.h>

struct Coordenada{
  double x;
  double y;
};
typedef struct Coordenada   Coordenada;


int main(){
  Coordenada c1, c2, *c3;
  c3 = &c1;
   ......
```

Ponteiros para Registros



Ponteiros para Registros

```
#include <stdio.h>
struct Coordenada{
  double x;
  double y;
};
typedef struct Coordenada   Coordenada;

int main(){
  Coordenada c1, c2, *c3;

  c3 = &c1;
  c1.x = -1;
  c1.y = -1.5;

  c2.x = 2.5;
  c2.y = -5;

  *c3 = c2;

  printf("Coordenadas de c1: (%lf,%lf)\n",c1.x, c1.y);
}
```

O que será impresso??

Ponteiros para Registros

- Para acessarmos os campos de uma variável **struct** via um ponteiro, podemos utilizar o operador * juntamente com o operador . como de costume:

```
Coordenada c1,  *c3;
c3 = &c1;
(*c3).x = 1.5;
(*c3).y = 1.5;
```

- Em C também podemos usar o operador ->, que também é usado para acessar campos de uma estrutura via um ponteiro.

```
Coordenada c1,  *c3;
c3 = &c1;
c3->x = 1.5;
c3->y = 1.5;
```

- Resumindo: Para acessar campos de estruturas via ponteiros use um dos dois:
  - `ponteiroEstrutura->campo`
  - `(*ponteiroEstrutura).campo`

Ponteiros para Registros

```
int main(){
 Coordenada c1, c2, *c3, *c4;
 c3 = &c1;
 c4 = &c2;

 c1.x = -1;
 c1.y = -1.5;

 c2.x = 2.5;
 c2.y = -5;

 (*c3).x = 1.5;
 (*c3).y = 1.5;

 c4->x = -1;
 c4->y = -1;

 printf("Coordenadas de c1: (%lf,%lf)\n",c1.x, c1.y);
 printf("Coordenadas de c2: (%lf,%lf)\n",c2.x, c2.y);
}
```

O que será impresso??

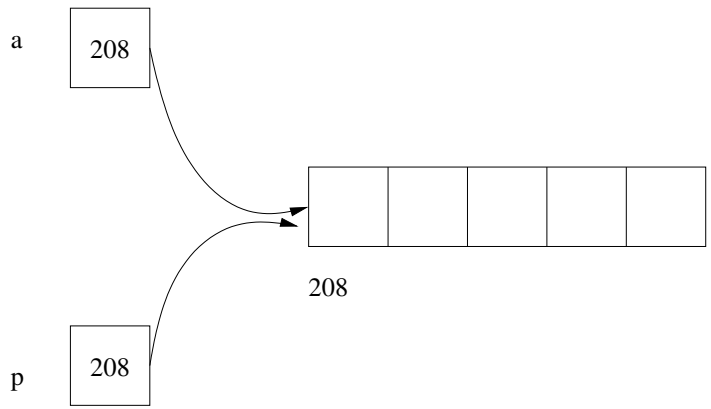
Ponteiros e Alocação Dinâmica

- Lembre-se que uma variável vetor possui um endereço, que podemos atribuí-la 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;
```



Ponteiros e Alocação Dinâmica

- Podemos alocar dinamicamente uma quantidade de memória contígua e associá-la com um ponteiro.
- Desta forma podemos criar programas sem saber a priori o número de dados a ser armazenado.
  - Em aulas anteriores, ao trabalhar com matrizes por exemplo, assumíamos que estas tinham dimensões máximas.

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

  - E se o usuário precisar trabalhar com matrizes maiores? Mudar o valor de MAX e recompilar o programa?

Ponteiros e Alocação Dinâmica

Na biblioteca **stdlib.h** existem duas funções para se fazer alocação dinâmica de memória.

- **malloc :** Nesta função é passado um único argumento, o número de bytes que deve ser alocado.
  - Exemplo: alocar 100 inteiros:

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

- **calloc :** Nesta função são passados como parâmetro o número de blocos de memória para ser alocado e o tamanho em bytes de cada bloco. O **calloc** *zera* todos os bits da memória alocada, enquanto o **malloc** não.
  - Exemplo: alocar 100 inteiros:

```
int *p;
p = calloc(100, sizeof(int));
```

Ponteiros e Alocação Dinâmica

Juntamente com estas funções, está definida a função **free** na biblioteca **stdlib.h**.

- **free :** Esta função recebe como parâmetro um ponteiro, e libera a memória previamente alocada e apontada pelo ponteiro.
  - Exemplo:

```
int *p;
p = calloc(100, sizeof(int));
....
free(p);
```

- **Regra para uso correto de alocação dinâmica:** Toda memória alocada durante a execução de um programa e que não for mais utilizada deve ser desalocada (com o **free**)!

Exemplo: Produto escalar de 2 vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(void){
    double *v1, *v2, prodEsc;          int n, i;

    printf("Digite dimensão dos vetores:");
    scanf("%d", &n);
    v1 = malloc(n*sizeof(double));
    v2 = malloc(n*sizeof(double));

    printf("Digite dados de v1: ");
    for(i=0; i<n; i++)
      scanf("%lf", &v1[i]);
    printf("Digite dados de v2: ");
    for(i=0; i<n; i++)
      scanf("%lf", &v2[i]);

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

    printf("Resposta: %.2lf\n", prodEsc);
    free(v1);
    free(v2);
}
```

Ponteiros e Alocação Dinâmica

- Você pode fazer ponteiros distintos apontarem para uma mesma região de memória.
  - Tome cuidado para não utilizar um ponteiro se a região de memória apontada foi desalocada!

```
double *v1, *v2;

v1 = malloc(100 * sizeof(double));
v2 = v1;
free(v1);

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

O código acima está errado e pode causar erros durante a execução, já que **v2** está acessando posições de memória que foram desalocadas!

Ponteiros e Alocação Dinâmica

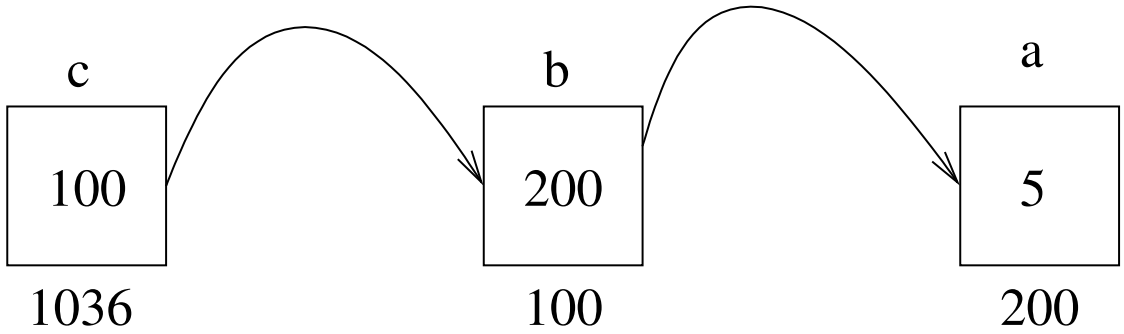
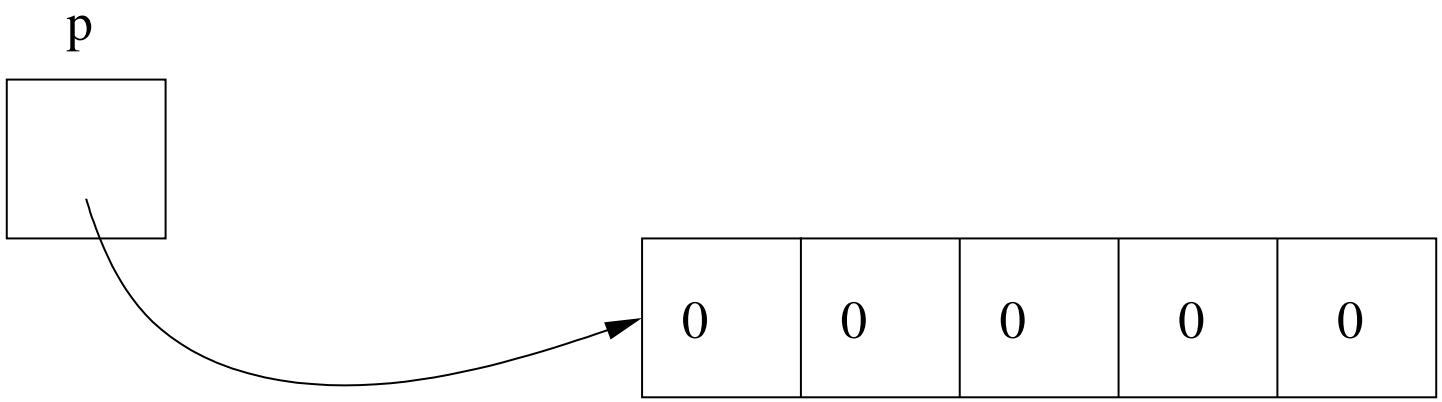
O programa abaixo imprime resultados diferentes dependendo se comentamos ou não o comando **free(v1)**. Por que?

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

 int main(){
   double *v1, *v2, *v3;
   int i;

   v1 = malloc(100 * sizeof(double));
   v2 = v1;

   for(i=0; i<100; i++)
     v2[i] = i;
   free(v1);

   v3 = calloc(100,sizeof(double));
   for(i=0; i<100; i++)
     printf("%.2lf\n", v2[i]);
   free(v3);

 }
```

Alocação Dinâmica de Matrizes

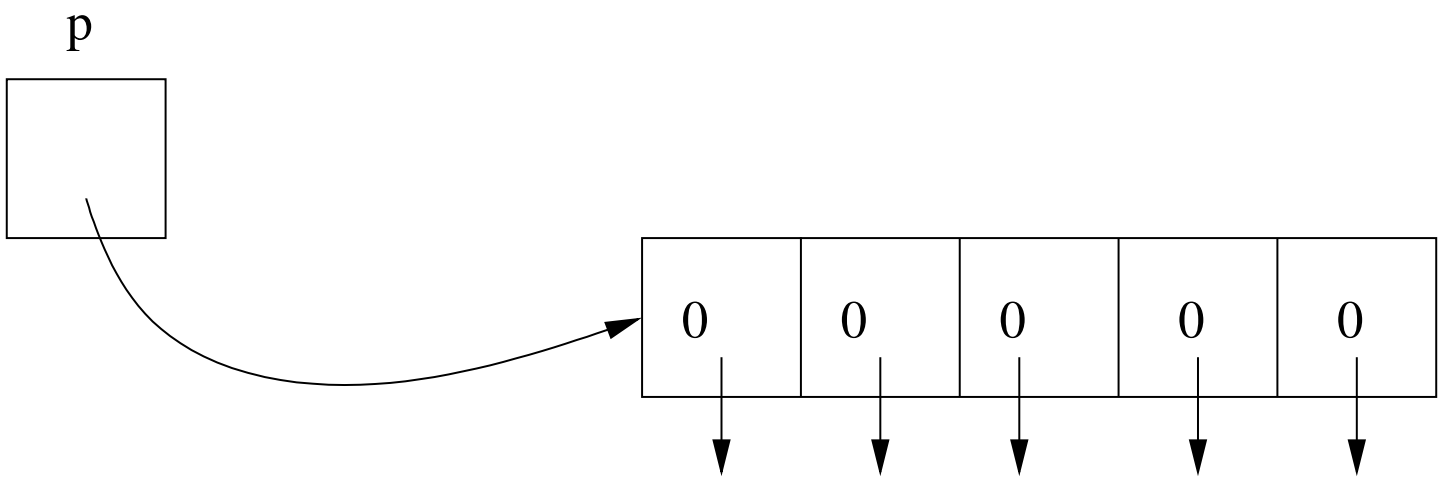
- Em aplicações científicas e de engenharias, é muito comum a realização de diversas operações sobre matrizes.
- Em situações reais o ideal é alocar memória suficiente para conter os dados a serem tratados. Não usar nem mais e nem menos!
- Como alocar vetores-multidimensionais dinamicamente?

Ponteiros para ponteiros

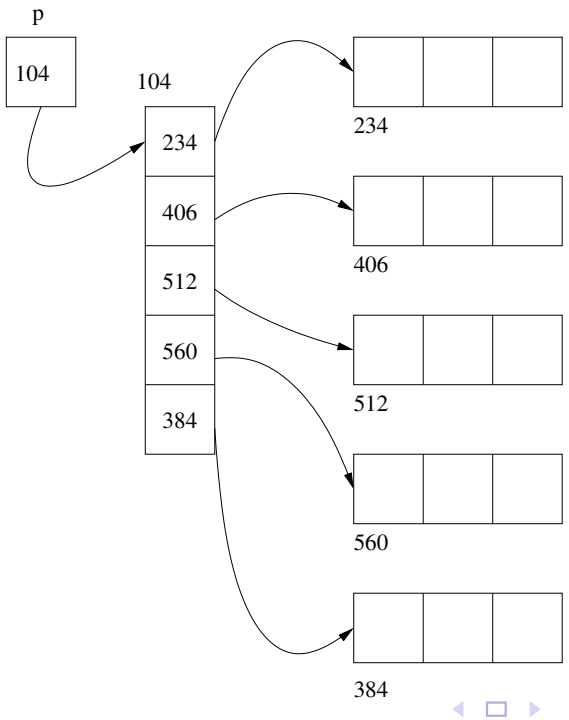
- Uma variável ponteiro está alocada na memória do computador como qualquer outra variável.
- Portanto podemos criar um ponteiro que contém o endereço de memória de um outro ponteiro.
- Para criar um ponteiro para ponteiro: **tipo **nomePonteiro;**
  - ```
    int main(){
      int a=5, *b, **c;
      b = &a;
      c = &b;
      printf("%d\n", a);
      printf("%d\n", *b);
      printf("%d\n", *(*c));
    }
    ```
    ```

Ponteiros para ponteiros

O programa imprime 5 três vezes, monstrando as três formas de acesso à variável **a**: **a, *b, **c**.



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 = calloc(5, sizeof(int));
    ```


    ```

Ponteiros para ponteiros

- A mesma coisa acontece com um ponteiro para ponteiro, só que neste caso o vetor alocado é de ponteiros.
  - ```
    int **p;
    p = calloc(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;
    int i;
    p = calloc(5, sizeof(int *));

    for(i=0; i<5; i++){
      p[i] = calloc(3, sizeof(int));
    }
    ```


    ```

Alocação Dinâmica de Matrizes

Esta é a forma de se criar matrizes dinamicamente:

- 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 associada 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).

OBS: No final você deve desalocar toda a memória alocada!!

Alocação Dinâmica de Matrizes

```
int main(){
  int **p, i, j;

  p = calloc(5, sizeof(int *));
  for(i=0; i<5; i++){
    p[i] = calloc(3, sizeof(int));
  } //Alocou matriz 5x3

  printf("Digite os valores da matriz\n");
  for(i = 0; i<5; i++)
    for(j=0; j<3; j++)
      scanf("%d", &p[i][j]);

  printf("Matriz lida\n");
  for(i = 0; i<5; i++){
    for(j=0; j<3; j++){
      printf("%d, ", p[i][j]);
    }
    printf("\n");
  }
  //desalocando memória usada
  for(i=0; i<5; i++){
    free(p[i]);
  }
  free(p);
}
```

Alocação Dinâmica de Matrizes

Outro exemplo:

```
int main(){
  int **mat;      int i, j, n, m;

  printf("Numero de linhas:");
  scanf("%d", &n);
  printf("Numero de colunas:");
  scanf("%d", &m);

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

  for(i=0; i<n; i++){
    for(j=0; j<m; j++){
      mat[i][j] = i*j;
    }
  }
  .
  .
  .

}
```

Alocação Dinâmica de Matrizes

Outro exemplo:

```
  .
  .
  .
  for(i=0; i<n; i++){
    for(j=0; j<m; j++){
      mat[i][j] = i*j;
    }
  }

  for(i=0; i<n; i++){
    for(j=0; j<m; j++){
      printf("%d, ", mat[i][j]);
    }
    printf("\n");
  }

  for(i=0; i<n; i++){
    free(mat[i]);
  }
  free(mat);

}
```

Alocação Dinâmica de Matrizes

Mas a forma mais eficiente de criar matrizes é:

- Para uma matriz de dimensões $n \times m$, crie um vetor unidimensional dinamicamente deste tamanho.
- Use linearização de índices para trabalhar com o vetor como se fosse uma matriz.
- Desta forma tem-se um melhor aproveitamento da cache pois a matriz inteira está sequencialmente em memória.

No final você deve desalocar toda a memória alocada!!

Exercício

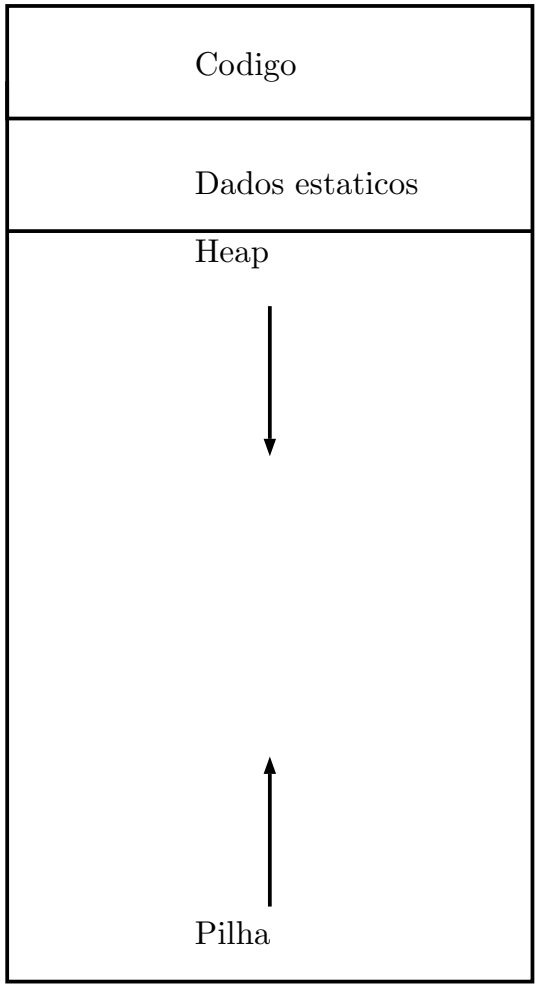
Crie um programa que multiplica duas matrizes quadradas do tipo **double** lidas do teclado. Seu programa de ler a dimensão n da matriz, em seguida alocar dinamicamente duas matrizes $n \times n$. Depois ler os dados das duas matrizes e imprimir a matriz resultante da multiplicação destas.

Informações Extras: Organização da Memória do Computador

A memória do computador na execução de um programa é organizada em quatro segmentos:

- **Código executável:** Contém o código binário do programa.
- **Dados estáticos:** Contém variáveis globais e estáticas que existem durante toda a execução do programa.
- **Pilha:** Contém as variáveis locais que são criadas na execução de uma função e depois são removidas da pilha ao término da função.
- **Heap:** Contém as variáveis criadas por alocação dinâmica.

Informações Extras: Organização da Memória do Computador



Informações Extras: Organização da Memória do Computador

- Podemos declarar vetores de tamanho não fixo de forma simples declarando este com o tamanho correspondente ao valor de uma variável.
- No programa abaixo, ao invés de declararmos o vetor **v** dinamicamente, declaramos este com o valor da variável **n** que foi lida do teclado.

```
int main(){
    long n, i;

    scanf("%ld", &n);
    double v[n]; //Vetor alocado com tamanho n não pré-estabelecido

    for(i=0; i<n; i++){
      v[i] = i;
    }
    for(i=0; i<n; i++){
      printf("%.2lf\n", v[i]);
    }
}
```

- Execute o programa digitando 1000000 e depois 2000000.

Informações Extras: Organização da Memória do Computador

- O programa anterior será encerrado (*segmentation fault*) se for usado um valor grande o suficiente para n.
- Isto se deve ao fato de que o SO limita o que pode ser alocado na pilha na execução de uma função.
- Este limite não existe para o Heap (com exceção do limite de memória do computador).

Informações Extras: Organização da Memória do Computador

Utilizando alocação dinâmica não temos este problema:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(){
    long n=2000000, i;
    double *v = malloc(n*sizeof(double));

    for(i=0; i<n; i++){
      v[i] = i;
    }
    for(i=0; i<n; i++){
      printf("%.2lf\n", v[i]);
    }
    free(v);
}
```