Estruturas de Dados e Algoritmos

Gestão de memória e apontadores. Alocação dinâmica de memória.

C.

Rui Camacho
(slides por Luís Teixeira)
LEEC 2021/2022

VARIÁVEIS DINÂMICAS

As variáveis locais têm **dimensão fixa** e ocupam uma área de memória invariável durante a execução do programa. Do ponto de vista da memória, não é o programador que cria as variáveis; é o compilador que as cria.

Então, como criar e destruir variáveis, aumentar e diminuir a sua dimensão, durante a execução do programa?

As linguagens de programação permitem definir **variáveis dinâmicas** à custa de rotinas que reservam espaço para variáveis durante a execução de um programa e o libertam quando as variáveis já não são necessárias.

APONTADORES E VARIÁVEIS DINÂMICAS

Embora sejam muito usados na manipulação de vetores, os apontadores são especialmente úteis para lidar com esta gestão dinâmica da memória.

Neste caso o acesso do programador a um segmento de memória que tenha reservado é realizado **através de um apontador**.

A relação entre apontadores e vetores faculta a possibilidade de vermos um **segmento de memória como um vetor**.

APONTADORES – REVISÃO

Guardam uma referência, especificamente o **endereço** de uma variável (ou função) em memória

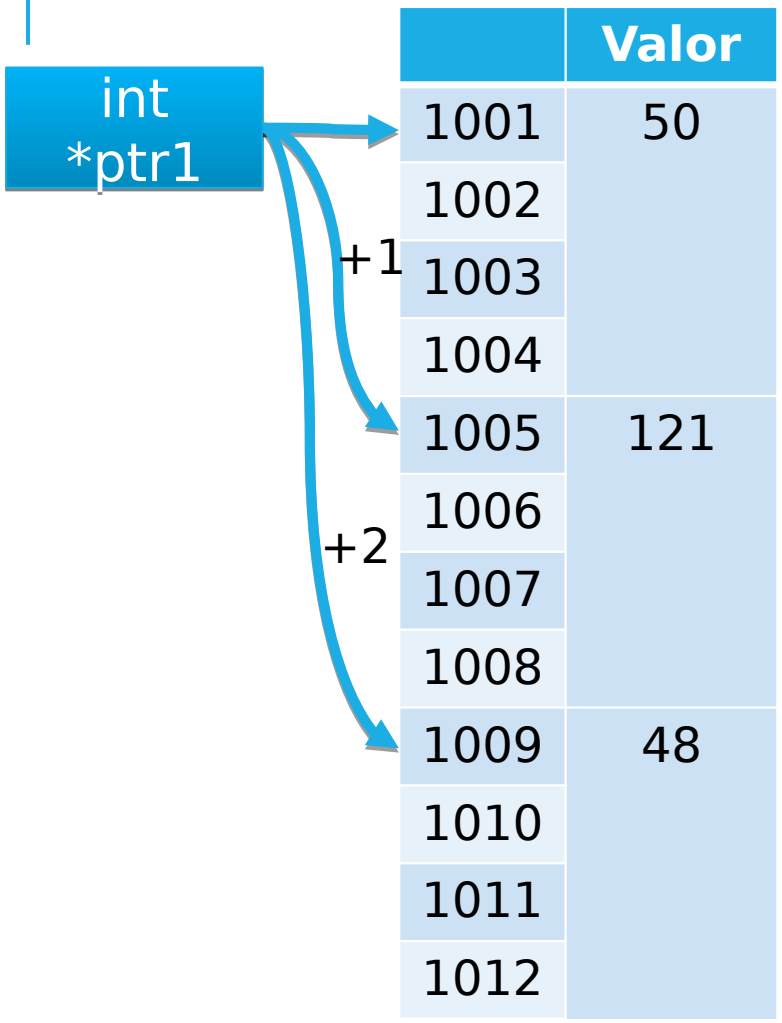
Podem ser “desreferenciados” para se aceder aos dados apontados

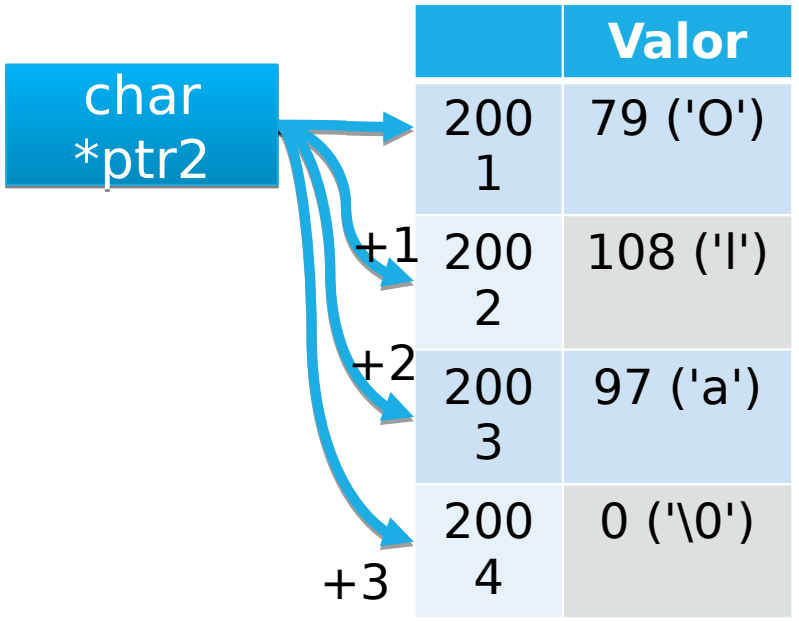
Podem ser manipulados utilizando atribuição ou aritmética de apontadores

Em C são utilizados tipicamente em:

- Vetores
- *Strings*
-

ARITMÉTICA DE APONTADORES





Diferentes **tipos de apontadores** são necessários para determinar quantos bytes ocupa cada variável quando é usada **aritmética de apontadores**, por exemplo: ptr++

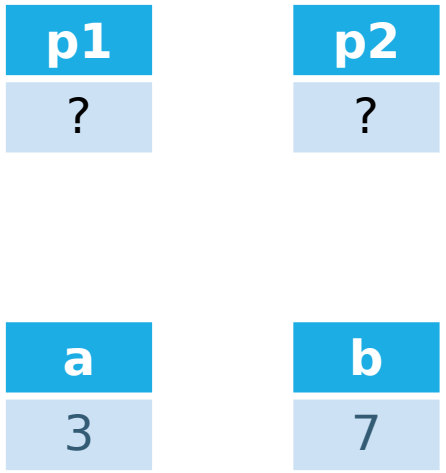
APONTADORES – EXEMPLO 1

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 3, b = 7;
    int *p1, *p2;
    p2 = p1 = &a;
    *p1 = 5;
    p2 = &b;
    printf("%d-%d",*p1,*p2);
}
```

O que imprime e qual o estado das variáveis em cada ponto de execução do código?

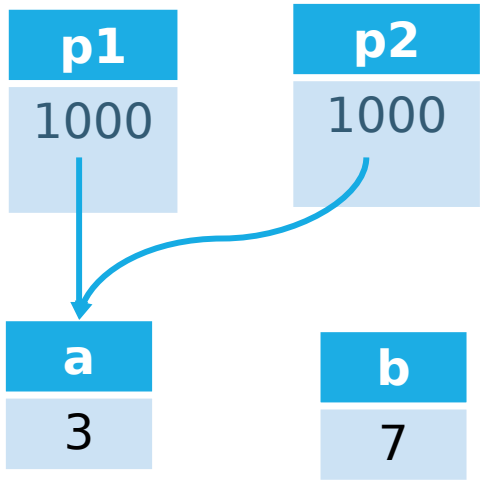
APONTADORES – EXEMPLO 1

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 3, b = 7;
    int *p1, *p2;
    p2 = p1 = &a;
    *p1 = 5;
    p2 = &b;
    printf("%d-%d",*p1,*p2);
}
```



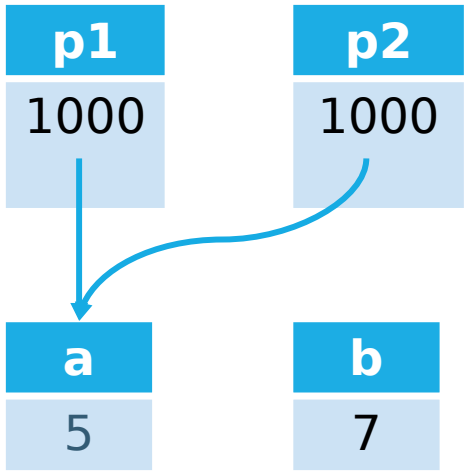
APONTADORES – EXEMPLO 1

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 3, b = 7;
    int *p1, *p2;
    p2 = p1 = &a;
    *p1 = 5;
    p2 = &b;
    printf("%d-%d",*p1,*p2);
}
```



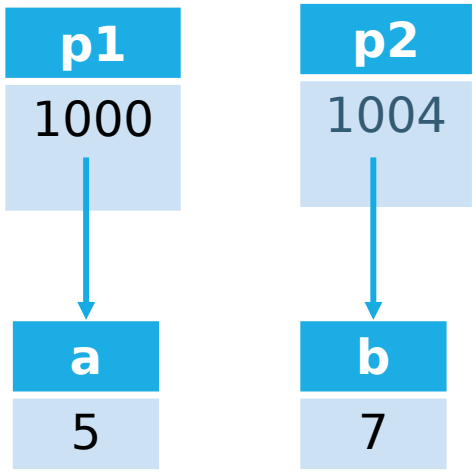
APONTADORES – EXEMPLO 1

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 3, b = 7;
    int *p1, *p2;
    p2 = p1 = &a;
    *p1 = 5;
    p2 = &b;
    printf("%d-%d",*p1,*p2);
}
```



APONTADORES – EXEMPLO 1

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 3, b = 7;
    int *p1, *p2;
    p2 = p1 = &a;
    *p1 = 5;
    p2 = &b;
    printf("%d-%d",*p1,*p2);
}
```



APONTADORES – EXEMPLO 2

```
#include <stdio.h>

void func(int a, int *x)
{
    int s = a%2;
    a = (1-2*s)*a;
    *x = a*5;
}

int main()
{
    int a = 5, b = 7;
    func(a, &b);
    printf("%d-%d",a,b);
}
```

O que imprime e qual o estado das variáveis em cada ponto de execução do código?

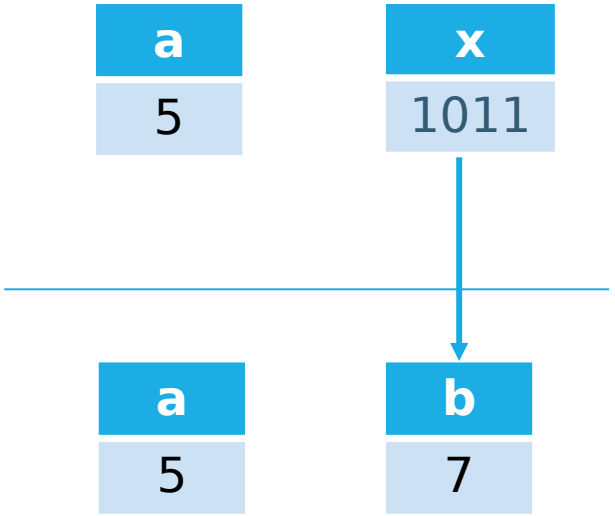
APONTADORES – EXEMPLO 2

```
#include <stdio.h>

void func(int a, int *x)
{
    int s = a%2;
    a = (1-2*s)*a;
    *x = a*5;
}

int main()
{
    int a = 5, b = 7;
    func(a, &b);
    printf("%d-%d",a,b);
}
```

a	b
5	7

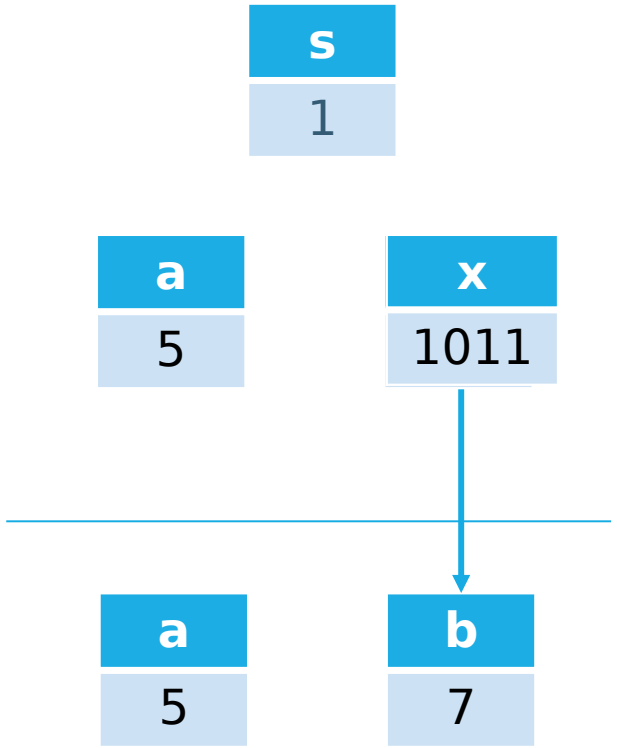
APONTADORES – EXEMPLO 2

```
#include <stdio.h>

void func(int a, int *x)
{
    int s = a%2;
    a = (1-2*s)*a;
    *x = a*5;
}

int main()
{
    int a = 5, b = 7;
    func(a, &b);
    printf("%d-%d",a,b);
}
```



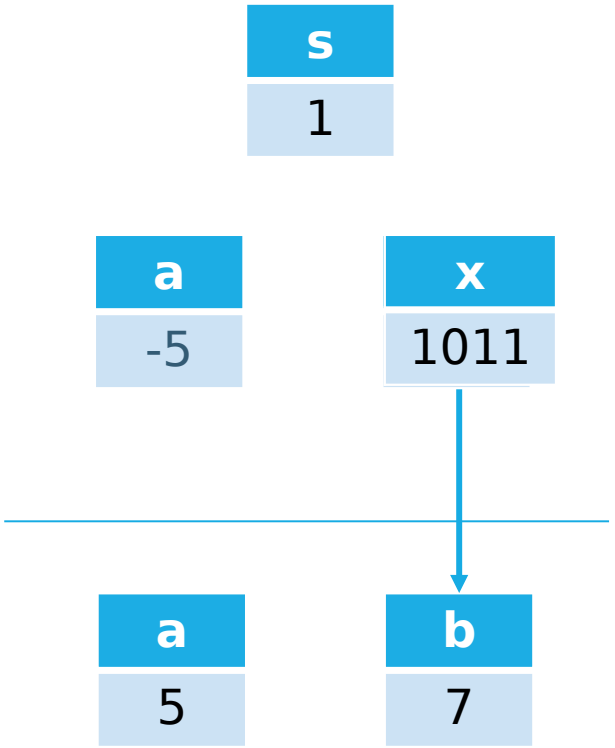
APONTADORES – EXEMPLO 2

```
#include <stdio.h>

void func(int a, int *x)
{
    int s = a%2;
    a = (1-2*s)*a;
    *x = a*5;
}

int main()
{
    int a = 5, b = 7;
    func(a, &b);
    printf("%d-%d",a,b);
}
```



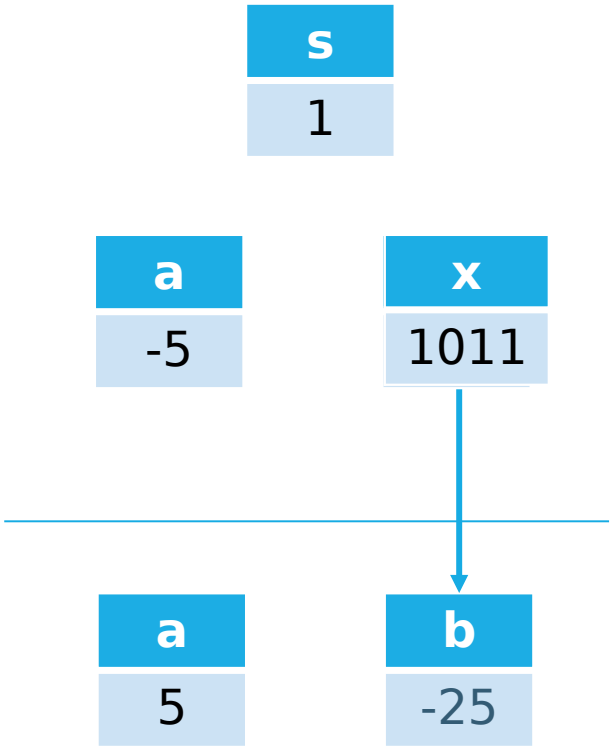
APONTADORES – EXEMPLO 2

```c
#include <stdio.h>

void func(int a, int *x)
{
    int s = a%2;
    a = (1-2*s)*a;
    *x = a*5;
}

int main()
{
    int a = 5, b = 7;
    func(a, &b);
    printf("%d-%d",a,b);
}
```



APONTADORES – EXEMPLO 2

```
#include <stdio.h>

void func(int a, int *x)
{
    int s = a%2;
    a = (1-2*s)*a;
    *x = a*5;
}

int main()
{
    int a = 5, b = 7;
    func(a, &b);
    printf("%d-%d",a,b);
}
```



APONTADORES – EXEMPLO 2

```c
#include <stdio.h>

void func(int a, int *x)
{
    int s = a%2;
    a = (1-2*s)*a;
    *x = a*5;
}

int main()
{
    int a = 5, b = 7;
    func(a, &b);
    printf("%d-%d",a,b);
}
```

a	b
5	-25

APONTADORES – EM MEMÓRIA

Na realidade os apontadores são também variáveis

- São guardados em memória em conjunto com as restantes variáveis
- Têm um endereço associado
- Podem “apontar” por outro apontador

VARIÁVEIS DINÂMICAS

Gestão de memória dinâmica em C é feita através de um conjunto de funções na biblioteca *standard* stdlib.h

- malloc/calloc
- free
- realloc

Atribuição do espaço de memória durante a alocação e libertação de variáveis é feita por um algoritmo específico

ALOCAÇÃO: *MALLOC*

malloc retorna um apontador para um espaço de memória que podemos utilizar da forma que pretendermos

```
void *malloc(int size)
```

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

main()
{
  int *p;
  p = (int*)malloc(sizeof(int));
  *p = 10;
  printf("%d\n", *p);
}
```

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

main()
{
  int n;
  int *p;
  p = &n;
  *p = 10;
  printf("%d\n", *p);
}
```

OUTRO EXEMPLO

```
char *p = malloc(15);
/* incompleto - valor de retorno do malloc nao verificado */
strcpy(p, "Hello, world!");
```

```
char *somestring, *copy;
 ...
copy = malloc(strlen(somestring) + 1);    /* +1 for '\0' */
/* incompleto - valor de retorno do malloc nao verificado */
strcpy(copy, somestring);
```

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

if(ip == NULL) {
    printf("Sem memoria\n");
    exit or return
}
```

Com teste do valor retornado

FREE

free liberta o espaço de memória apontado pelo apontador p

```
void free(void *p)
```

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

main()
{
    int *p;
    p = (int *) malloc(sizeof(int));     /* aloca espaço */
    *p = 10;
    printf("%d\n", *p);
    free(p);                  /* liberta espaço */
}
```

EVITAR ERROS

Não é obrigatório libertar a memória quando já não é necessária. No fim do programa, a memória pedida ao sistema operativo é automaticamente devolvida.

No caso de se pretender efectivamente libertar memória

```
free(p);
p = NULL;
```

é uma **boa prática**, desde que associada com a prática de **testar o apontador** antes do seu uso.

Um espaço de memória reservado por uma função não é libertado quando se retorna ao programa principal: o apontador (variável local) deixa de existir, mas espaço de memória, não deixa de ser possível libertar esse espaço.

VETORES DINÂMICOS

```
#include <stdio.h>

int* criavetor(int n)
/* Cria um vetor com n inteiros */
/* preenchido com os valores de 0 a n-1 */
{
    int *pi, i;
    pi = (int *) malloc(n*sizeof(int));  /* aloca espaço para n inteiros */
    for(i = 0; i < n; i++) pi[i] = i;    /* preenche pi */
    return pi;                           /* retorna apontador */
}

int main()
{
    int *pi , i, n;
    printf("Quantos elementos tem o vector?"); scanf("%d",&n);
    pi = criavetor(n);
    for(i = 0; i < n; i++) printf("%d\n", pi[i]); /* ou *(pi+i) */
}
```

REALOCAÇÃO: *REALLOC*

realloc retorna um apontador para a realocação de um espaço de memória previamente alocado

```
void *realloc(void *p, int new_size)
```

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define NCAR 80

main() {
    char *s;
    s = (char *) malloc(NCAR);
    printf("Escreva uma frase:");
    fgets(s, NCAR, stdin);
    printf("%s\n", s);
    s = (char *) realloc(s, 20);
    strcpy(s, "Bom dia! ");
    printf("%s\n", s);
}
```

CALLOC VS. *MALLOC*

calloc retorna um apontador para um espaço de memória que permite armazenar `nelements` de tamanho `size`

```
void *calloc(int nelements, int size);
```

```
/* aloca espaco para array de 10 elementos int */
int *ptr = calloc(10, sizeof (int));

if (ptr == NULL) {
printf("Sem memoria\n");
    exit(1);
}
/* alocacao bem sucedida */
```

`malloc()` não inicializa a memória alocada, enquanto que `calloc()` inicializa a memória alocada a ZERO

`calloc(m, n)` é o mesmo que

```
p = malloc(m * n); for(i=0;i<m;i++) *(p+i)=0;
```

GESTÃO DE MEMÓRIA

Em C a memória pode ser gerida de forma:

- Estática – variáveis estáticas são alocadas na memória principal e **persistem** para todo o ciclo de vida do programa

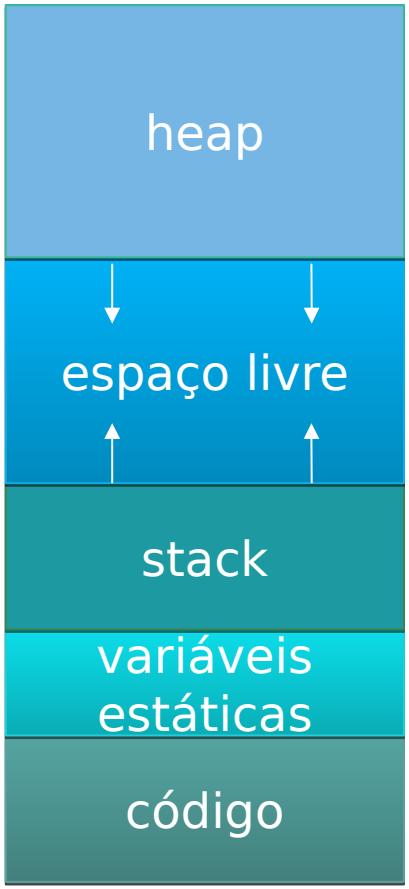
```
static int i = 0;
```

- Automática – variáveis alocadas na ***stack***; são criadas e eliminadas quando as funções são chamadas e retornam; são variáveis válidas num contexto (*scope*) também designadas de **variáveis locais**

```
int i = 0;
```

- Dinâmica – variáveis são geridas explicitamente; são alocadas num espaço de memória livre designado ***heap***

GESTÃO DE MEMÓRIA



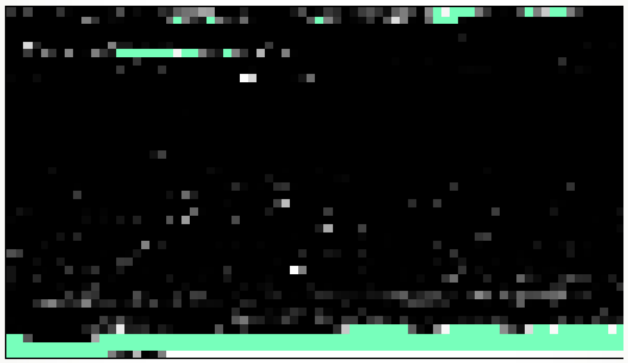
Stack

- Memória alocada e libertada em last-in/first-out
- Alocação de memória consiste apenas em mudar posição de um apontador (*stack pointer*)
- Pequena, rápida, rígida

Heap

- Memória alocada quando necessário
- Exige manter um registo dos segmentos de memória usados
- Pode ficar fragmentada, ou seja, com segmentos livres sem utilização
- Grande, um pouco mais lenta, flexível

FRAGMENTAÇÃO DA HEAP



Tamanho da Heap: ~12MB
Memória usada: ~11MB

Tamanho da Heap: ~28MB
Memória usada: ~15MB

Legenda:
Cada bloco da imagem representa **4096** bytes em memória.

- Blocos pretos ▭ completamente usados
- Blocos brancos ▭ maioritariamente livres
- Blocos verdes ▭ completamente livres

Fonte: http://pavelx.blogspot.com/