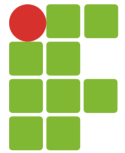
Vetores Dinâmicos

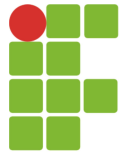
Estrutura de Dados e Algoritmos

Prof. Daniel Saad Nogueira Nunes

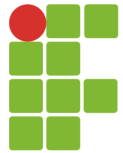
IFB – Instituto Federal de Brasília,
Campus Taguatinga



Sumário

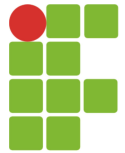


Sumário



Introdução

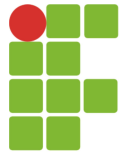
- Com nosso conhecimento sobre alocação dinâmica de memória, podemos projetar um vetor dinâmico.
- A ideia é que o vetor cresca e diminua quando necessário.



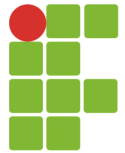
Operações

As seguintes operações devem ser suportadas pelo vetor dinâmico:

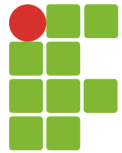
- `push_back(x)`: insere um elemento x ao final do vetor.
- `pop_back()`: remove o último elemento.
- `front()`: retorna o primeiro elemento.
- `back()`: retorna o último elemento do vetor.
- `size()`: retorna o número de elementos do vetor.



Sumário



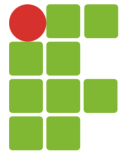
Sumário



Definição

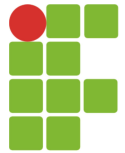
```c
typedef struct {
    int *v;           // vetor dinâmico
    size_t capacity; // capacidade do vetor dinãmico
    size_t size;     // tamanho do vetor dinâmico
} dynamic_array_t;
```

- `v`: contém os dados propriamente ditos.
- `capacity`: capacidade máxima do vetor.
- `size`: número de elementos do vetor, sempre menor ou igual à capacidade.

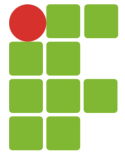


Definição

- A ideia é que, conforme o vetor cresça ou diminua, a capacidade seja modificada de acordo.
- O tamanho do vetor (`size`) indica o número de elementos válidos presentes no vetor. O tamanho pode ser menor ou igual à capacidade, visto que uma capacidade maior que o tamanho apnonta a possibilidade de inserir mais elementos no vetor.
- Para redimensionar o vetor, utilizaremos a função `realloc`.

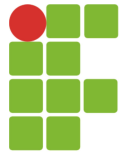


Sumário



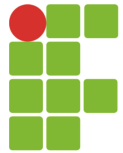
Inicialização

- A função de inicialização receberá um vetor dinâmico não inicializado e o iniciará.
- Inicialmente, ele alocará um espaço de 4 inteiros para o vetor e preencherá as variáveis `size` e `capacity` de acordo.



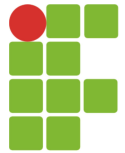
Inicialização

```
4  void dynamic_array_initialize(dynamic_array_t **arr) {
5      /*** Utilizamos uma capacidade de 4 por padrão na criação
6       * do vetor dinâmico
7       */
8      (*arr) = mallocx(sizeof(dynamic_array_t));
9      (*arr)->capacity = 4;
10     (*arr)->size = 0;
11     (*arr)->v = mallocx(sizeof(int) * 4);
12 }
```

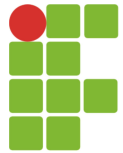


Inicialização

- Utilizamos um ponteiro de ponteiro `arr`.
- Motivo: modificar um ponteiro por referência.
- A função de inicialização recebe um endereço de ponteiro para que a variável original possa ser modificada.



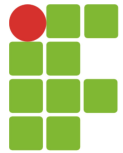
Sumário



Funções auxiliares

Para recuperar o tamanho de um vetor dinâmico, basta acessar sua variável `size`.

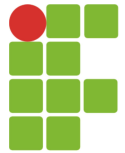
```
69 size_t dynamic_array_size(dynamic_array_t *arr) {
70     return arr->size;
71 }
```



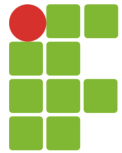
Funções auxiliares

Para recuperar a capacidade de um vetor dinâmico, basta acessar sua variável `capacity`.

```
73 size_t dynamic_array_capacity(dynamic_array_t *arr) {
74     return arr->capacity;
75 }
```



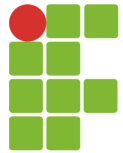
Sumário



Inserção

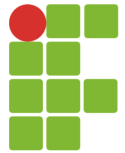
Inserção ao final

- Para inserir um elemento ao final do vetor, primeiro verificamos se o tamanho é igual à capacidade.
- Em caso afirmativo, aumentamos a capacidade: ela será duplicada. Duplicar a capacidade evita termos que chamar `realloc` frequentemente.
- Em seguida, basta colocar o elemento na posição indicada por `size` e incrementar essa variável.



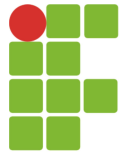
Inserção

```
24  void dynamic_array_push_back(dynamic_array_t *arr, int x) {
25      /*** o tamanho do vetor dinâmico seja igual a sua capaciade,
26       * duplicamos a capacidade e realocamos o tamanho do vetor.
27       ***/
28      if (arr->size == arr->capacity) {
29          dynamic_array_double_capacity(arr);
30      }
31      /***
32       * O elemento é inserido ao final.
33       */
34      arr->v[arr->size] = x;
35      arr->size++;
36  }
```

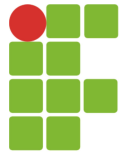


Inserção

```
14  void dynamic_array_double_capacity(dynamic_array_t *arr) {
15      arr->capacity *= 2;
16      arr->v = reallocx(arr->v, sizeof(int) * arr->capacity);
17  }
```



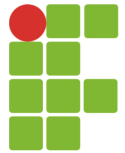
Sumário



Remoção

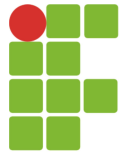
Remoção do final

- Para remover do final, basta decrementar a variável `size`.
- Caso o tamanho do vetor dinâmico seja muito menor do que a sua capacidade ($\frac{1}{4}$), reduzimos a capacidade pela metade.
- Nunca a capacidade é redimensionada para abaixo de 4.



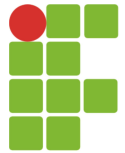
Inserção

```
38  void dynamic_array_pop_back(dynamic_array_t *arr) {
39      /*** Removemos o último elemento do vetor. Para isto só é necessário
40       * decrementar o seu tamanho.
41       * Caso o tamanho atual esteja à 1/4 da capacidade máxima do vetor,
42       * o vetor é redimensionado para metade do seu tamanho.
43       * Nunca redimensionamos a capacidade  para abaixo de 4.
44       */
45      if (arr->size == arr->capacity / 4 && arr->capacity > 4) {
46          dynamic_array_halve_capacity(arr);
47      }
48      arr->size--;
49  }
```

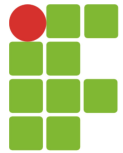


Inserção

```
19  void dynamic_array_halve_capacity(dynamic_array_t *arr) {
20      arr->capacity /= 2;
21      arr->v = reallocx(arr->v, sizeof(int) * arr->capacity);
22  }
```

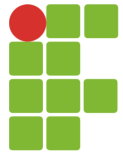


Sumário



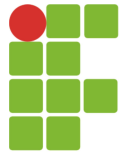
Acesso

- O acesso ao primeiro elemento é simples: `arr->v[0];` .
- O acesso ao último também é simples: `arr->v[arr->size-1];`
- Qualquer outra posição i também pode ser acessada e modificada através de: `arr->v[i]` ;



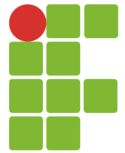
Acesso ao primeiro elemento

```
65  int dynamic_array_front(dynamic_array_t *arr) {
66      return arr->v[0];
67  }
```

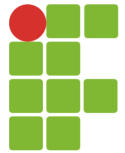


Acesso ao último elemento

```
61  int dynamic_array_back(dynamic_array_t *arr) {
62      return arr->v[arr->size - 1];
63  }
```

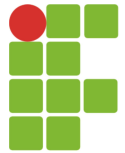


Sumário



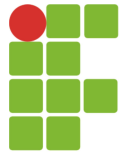
Limpeza

- Para deletar completamente o vetor dinãmico da memória, as desalocações devem ser feitas de maneira inversa ao da inicialização.
- Primeiro liberamos o espaço pontado por `v`.
- Em seguida, liberamos o espaço apontado por `arr`.
- Como o objetivo é modificar o ponteiro `arr`, este é passado por referência (ponteiro de ponteiro).

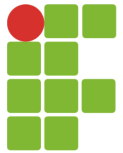


Limpeza

```
51 void dynamic_array_delete(dynamic_array_t **arr) {
52     /***
53      * Para deletar completamente o vetor dinãmico, basta remover
54      * a área apontada por v e a área apontada pelo próprio vetor dinâmico
55      */
56     free((*arr)->v);
57     free(*arr);
58     *arr = NULL;
59 }
```

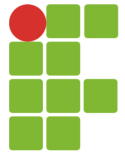


Sumário



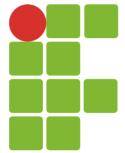
Vetores dinâmicos

Operação	Complexidade
Inserção ao final	$\Theta(1)$ amortizado
Remoção do final	$\Theta(1)$ amortizado
Acesso	$\Theta(1)$

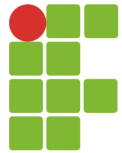


Vetores dinâmicos

- O custo da inserção ao final e remoção ao final é constante amortizado.
- Em algum momento, o vetor deve ter sua redimensionada, onde crescerá ou diminuirá por um fator de 2. Mas isso só ocorre uma vez a cada n operações consecutivas de inserção (ou de remoção), em que n é a capacidade do vetor.
- Este custo é diluído entre as chamadas, fazendo com que o custo, considerando todas as chamadas seja $\Theta(1)$ amortizado.



Sumário



Exemplo

```c
#include "dynamic_array.h"
#include <stdio.h>

static const int N = 1000000;

int main(void) {
    dynamic_array_t *arr;
    dynamic_array_initialize(&arr);
    for (int i = 0; i < N; i++) {
        int value = rand();
        dynamic_array_push_back(arr, value);
        printf("v[%d] = %d\n", i, arr->v[i]);
    }
    while (dynamic_array_size(arr) > 0) {
        printf("v[%zu] = %d\n", dynamic_array_size(arr) - 1,
               dynamic_array_back(arr));
        dynamic_array_pop_back(arr);
    }
    dynamic_array_delete(&arr);
    return 0;
}
```