Buscas em estruturas lineares

Buscas sequencial e binária

Prof. Marcelo de Souza

45RPE – Resolução de Problemas com Estruturas de Dados
Universidade do Estado de Santa Catarina

UDESC

Buscas em estruturas lineares

Conceitos básicos

Buscar um elemento consiste em verificar se ele está armazenado em uma estrutura de dados.

Buscas em estruturas lineares

Conceitos básicos

Buscar um elemento consiste em verificar se ele está armazenado em uma estrutura de dados.

O retorno pode ser:

1. o próprio elemento;
2. a posição onde ele se encontra (-1, caso não seja encontrado); ou
3. um valor lógico indicando o sucesso ou a falha da busca.

Buscas em estruturas lineares

Conceitos básicos

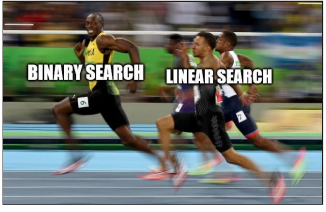
Buscar um elemento consiste em verificar se ele está armazenado em uma estrutura de dados.

O retorno pode ser:

1. o próprio elemento;
2. a posição onde ele se encontra (-1, caso não seja encontrado); ou
3. um valor lógico indicando o sucesso ou a falha da busca.

Estratégias:

- Busca sequencial (ou linear) – $\mathcal{O}(n)$.
- Busca binária – $\mathcal{O}(\log n)$.



Busca sequencial

É a forma mais simples de busca: percorre a estrutura até encontrar o elemento.

- Logo, sua complexidade assintótica é $\mathcal{O}(\mathbf{n})$ no pior caso.

Busca sequencial

É a forma mais simples de busca: percorre a estrutura até encontrar o elemento.

- Logo, sua complexidade assintótica é $\mathcal{O}(\mathbf{n})$ no pior caso.

Uma busca sequencial em um *array*:

```
1 def index(array, value):
2   for i in range(len(array)):
3     if array[i] == value:
4       return value
5   return -1
```

Busca sequencial

Uma busca sequencial em uma lista encadeada (classe `DoublyLinkedList`):

```
1  def index(self, e):
2    if self.is_empty(): return -1
3    count = -1
4    walk = self._header._next
5    while walk != self._trailer:
6      count += 1
7      if walk._element == e:
8        return count
9      walk = walk._next
10   return -1
```

Busca sequencial

Uma busca sequencial em uma lista encadeada (classe `DoublyLinkedList`):

```
1  def index(self, e):
2    if self.is_empty(): return -1
3    count = -1
4    walk = self._header._next
5    while walk != self._trailer:
6      count += 1
7      if walk._element == e:
8        return count
9      walk = walk._next
10   return -1
```

- A lista encadeada precisa ser percorrida (linhas 5 a 9), verificando se o elemento do nodo atual é igual ao buscado (linha 7).
- A variável `count` computa a posição do nodo atual; seu valor é retornado quando o elemento é encontrado (linha 8).

Busca binária

A **busca binária** é uma técnica mais eficiente de busca em um **array ordenado**.

- Sua complexidade assintótica é $\mathcal{O}(\log n)$ no pior caso.

Busca binária

A **busca binária** é uma técnica mais eficiente de busca em um **array ordenado**.

- Sua complexidade assintótica é $\mathcal{O}(\log n)$ no pior caso.

Pré-condições:

- Os elementos devem estar **ordenados para o algoritmo funcionar**.
- A estrutura deve permitir **acesso aleatório** (arranjos) **para garantir a eficiência**.

Busca binária

A **busca binária** é uma técnica mais eficiente de busca em um **array ordenado**.

- Sua complexidade assintótica é $\mathcal{O}(\log n)$ no pior caso.

Pré-condições:

- Os elementos devem estar **ordenados para o algoritmo funcionar**.
- A estrutura deve permitir **acesso aleatório** (arranjos) **para garantir a eficiência**.

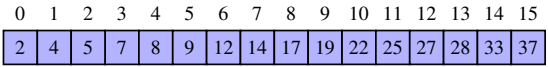
Funcionamento:

1. Avalia o elemento central da lista.
2. Caso seja o elemento buscado, sucesso.
3. Caso contrário, avalia em qual sub-lista o elemento pode estar.
4. Repete a busca com a sub-lista correspondente.

Busca binária

Exemplo de funcionamento

Busca binária do elemento 22 no array:

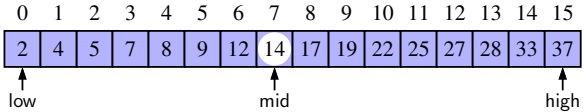


Busca binária

Exemplo de funcionamento

Busca binária do elemento 22 no array:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	4	5	7	8	9	12	14	17	19	22	25	27	28	33	37

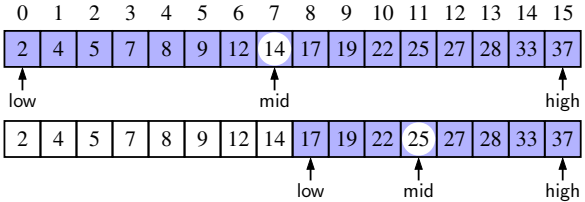


Busca binária

Exemplo de funcionamento

Busca binária do elemento 22 no array:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	4	5	7	8	9	12	14	17	19	22	25	27	28	33	37

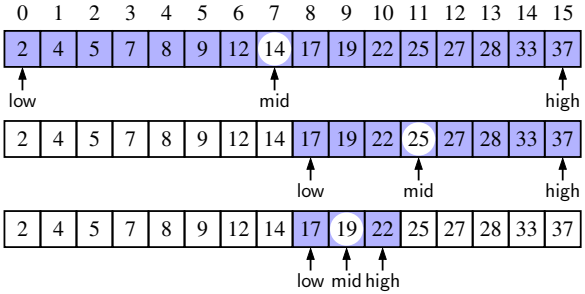


Busca binária

Exemplo de funcionamento

Busca binária do elemento 22 no array:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	4	5	7	8	9	12	14	17	19	22	25	27	28	33	37

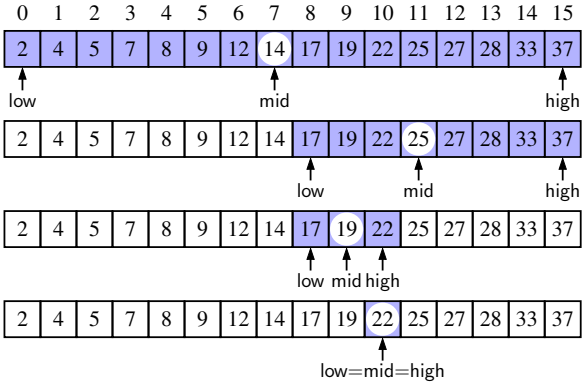


Busca binária

Exemplo de funcionamento

Busca binária do elemento 22 no array:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	4	5	7	8	9	12	14	17	19	22	25	27	28	33	37

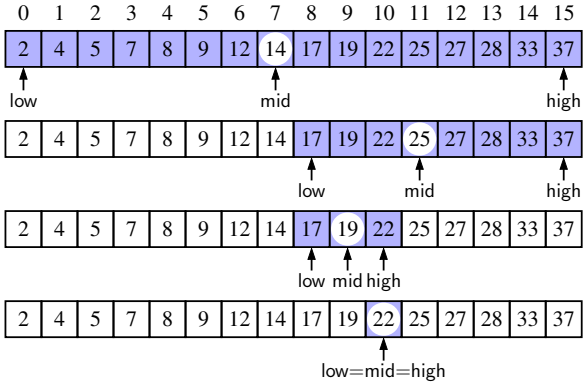


Busca binária

Exemplo de funcionamento

Busca binária do elemento 22 no array:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	4	5	7	8	9	12	14	17	19	22	25	27	28	33	37



Conclusões:

- Encontra o elemento em 4 avaliações: (14, 25, 19, 22).
- Note que $4 = \log_2 16$ (pior caso).
- Ao buscar o elemento 23, o algoritmo identifica sua inexistência quando `high < low`.

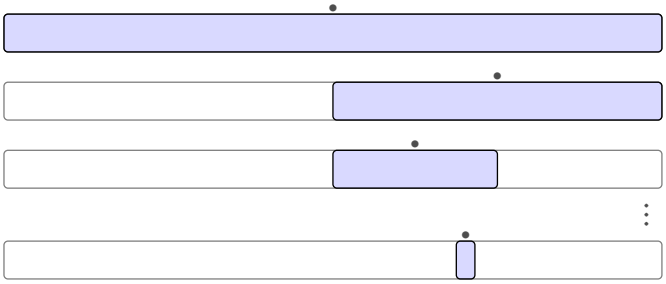
Busca binária

Uma busca binária em um *array*:

```
1  def binary_search(array, value):
2    low = 0
3    high = len(arr) - 1
4
5    while low <= high:
6      mid = (low + high) // 2
7      if array[mid] == value:
8        return mid
9      if array[mid] < value:
10       low = mid + 1
11     else:
12       high = mid - 1
13
14   return -1
```

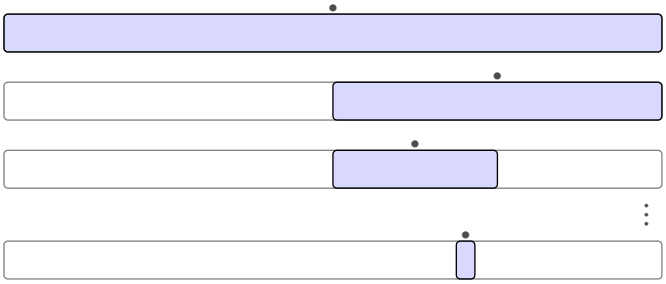
Busca binária

Análise de complexidade



Busca binária

Análise de complexidade

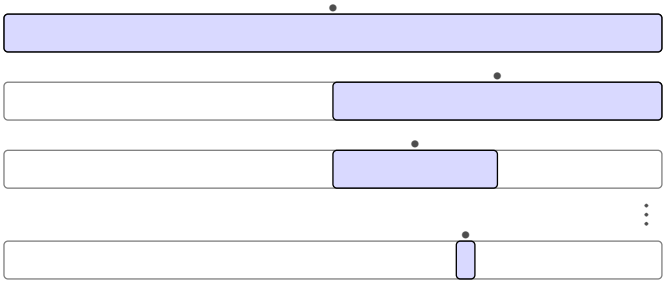


Tamanho da entrada

$$
\begin{array}{lcl}
n & \therefore & n/2^0 \\
n/2 & \therefore & n/2^1 \\
n/4 & \therefore & n/2^2 \\
\vdots & & \vdots \\
n/n & \therefore & n/2^i
\end{array}
$$

Busca binária

Análise de complexidade



Tamanho da entrada

$$
\begin{array}{lcl}
n & \therefore & n/2^0 \\
n/2 & \therefore & n/2^1 \\
n/4 & \therefore & n/2^2 \\
\vdots & & \vdots \\
n/n & \therefore & n/2^i
\end{array}
$$

- O algoritmo executa $i + 1$ iterações no pior caso.
- O valor de i é tal que $2^i = n$.
- Logo, temos $i = (\log_2 n) + 1$ iterações no pior caso.
- A complexidade da busca binária no pior caso é logarítmica, i.e. $\mathcal{O}(\log n)$.

Recursos adicionais

Veja o funcionamento das buscas sequencial e binária usando recursos de visualização:

- https://www.cs.usfca.edu/~galles/visualization/Search.html.

Veja detalhes da busca binária em Python:

- https://www.geeksforgeeks.org/python/python-program-for-binary-search.
- https://www.w3schools.com/python/python_dsa_binarysearch.asp.

45RPE – Resolução de Problemas com Estruturas de Dados
Prof. Marcelo de Souza