

MC202 - Estrutura de Dados

Alexandre Xavier Falcão

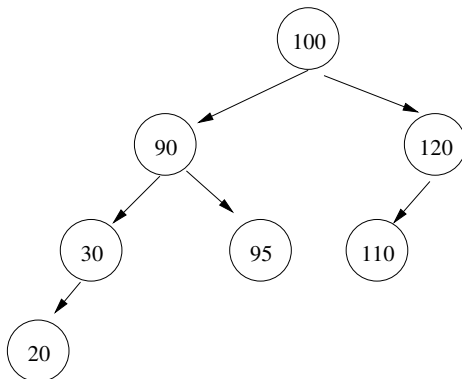
Instituto de Computação - UNICAMP

afalcao@ic.unicamp.br

Árvore Binária de Busca

Uma árvore binária é dita ser de busca se para qualquer nó x dela

- todos os nós da **subárvore esquerda** de x têm valores **menores** do que o valor de x e
- todos os nós da **subárvore direita** de x têm valores maiores do que o valor de x .



Árvore Binária de Busca

- O objetivo desta árvore é realizar a busca binária (em $O(\log_2^n)$) de um nó baseada em seu valor.

Árvore Binária de Busca

- O objetivo desta árvore é realizar a busca binária (em $O(\log_2^n)$) de um nó baseada em seu valor.
- Por exemplo, cada nó pode representar um registro de um arquivo em disco com informações sobre um dado indivíduo.

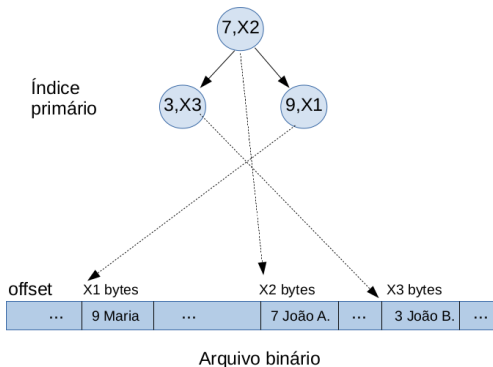
Árvore Binária de Busca

- O objetivo desta árvore é realizar a busca binária (em $O(\log_2^n)$) de um nó baseada em seu valor.
- Por exemplo, cada nó pode representar um registro de um arquivo em disco com informações sobre um dado indivíduo.
- Os valores do nós são denominados **chaves primárias**, porque identificam unicamente o registro correspondente, e a árvore binária é denominada **índice primário**.

Árvore Binária de Busca

- O objetivo desta árvore é realizar a busca binária (em $O(\log_2^n)$) de um nó baseada em seu valor.
- Por exemplo, cada nó pode representar um registro de um arquivo em disco com informações sobre um dado indivíduo.
- Os valores do nós são denominados **chaves primárias**, porque identificam unicamente o registro correspondente, e a árvore binária é denominada **índice primário**.
- Neste caso, o offset em bytes para alcançar o registro em disco é também armazenado no nó.

Árvore Binária de Busca



O índice primário fica armazenado no arquivo. Ao ser carregado em memória principal, a busca por chave primária é usada para encontrar o deslocamento em bytes de acesso a qualquer registro em disco.

Árvore Binária de Busca

- A busca também pode contemplar nós com valores repetidos, denominados **chaves secundárias**, sendo a árvore um **índice secundário**.

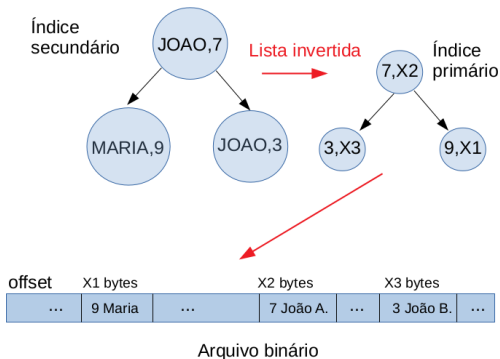
Árvore Binária de Busca

- A busca também pode contemplar nós com valores repetidos, denominados **chaves secundárias**, sendo a árvore um **índice secundário**.
- Neste caso, os valores iguais ao valor da raiz podem ser armazenados na **subárvore direita**.

Árvore Binária de Busca

- A busca também pode contemplar nós com valores repetidos, denominados **chaves secundárias**, sendo a árvore um **índice secundário**.
- Neste caso, os valores iguais ao valor da raiz podem ser armazenados na **subárvore direita**.
- Em vez do offset para o registro em disco, teríamos o valor da chave primária correspondente de cada nó, para continuar a busca no índice primário. O índice secundário seria chamado de **índice invertido**.

Árvore Binária de Busca



O(s) índice(s) secundário(s) também fica(m) armazenado(s) no arquivo. Ao ser(em) carregado(s) em memória principal, a busca por chave secundária leva a uma busca por chave primária e consequentemente ao registro em disco.

- Inserção em árvore binária de busca.
- Remoção em árvore binária de busca.

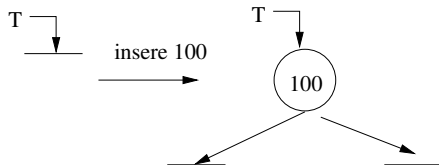
Inserção em Árvore Binária de Busca

Podemos dividir a inserção de um valor em dois casos.

Inserção em Árvore Binária de Busca

Podemos dividir a inserção de um valor em dois casos.

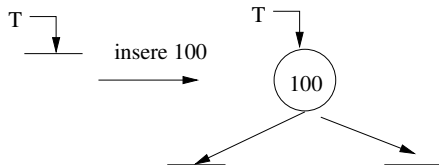
- Árvore vazia: Cria-se um nó com apontadores nulos para as subárvores esquerda e direita, e retorna-se seu apontador.



Inserção em Árvore Binária de Busca

Podemos dividir a inserção de um valor em dois casos.

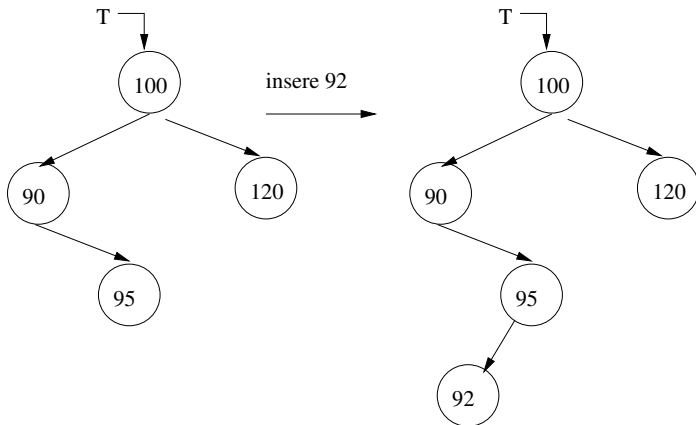
- **Árvore vazia:** Cria-se um nó com apontadores nulos para as subárvores esquerda e direita, e retorna-se seu apontador.



- **Árvore não-vazia:** Insere-se na subárvore esquerda, se o valor for menor que o da raiz, ou na direita no caso contrário.

Inserção em Árvore Binária de Busca

- Árvore não-vazia: Insere-se na subárvore esquerda, se o valor for menor que o da raiz, ou na direita no caso contrário.



Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

- p aponta para um nó, que pode ter um único filho à esquerda, ou um único filho à direita, ou ser uma folha:

Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

- p aponta para um nó, que pode ter um único filho à esquerda, ou um único filho à direita, ou ser uma folha:
 - Salve p em um apontador auxiliar,

Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

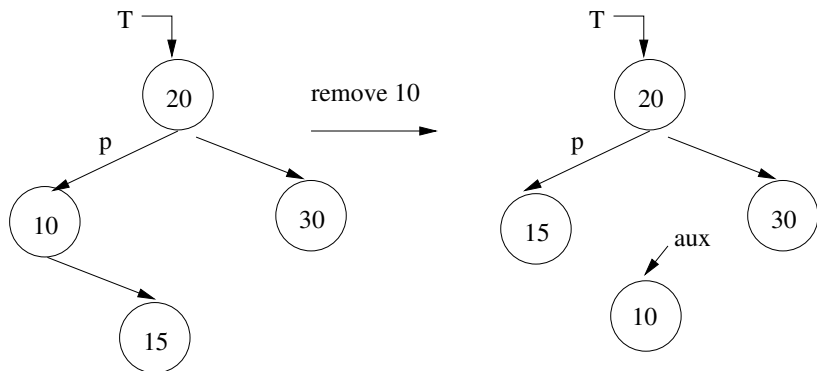
- p aponta para um nó, que pode ter um único filho à esquerda, ou um único filho à direita, ou ser uma folha:
 - Salve p em um apontador auxiliar,
 - Mude seu conteúdo para apontar para o filho não-nulo (ou NULL no caso de folha), e

Remoção em Árvore Binária de Busca

A remoção requer inicialmente encontrar a primeira ocorrência do valor a ser removido. Seja p o apontador para o nó a ser removido, armazenado no seu pai. Podem ocorrer os seguintes casos.

- p aponta para um nó, que pode ter um único filho à esquerda, ou um único filho à direita, ou ser uma folha:
 - Salve p em um apontador auxiliar,
 - Mude seu conteúdo para apontar para o filho não-nulo (ou NULL no caso de folha), e
 - Libere a memória apontada pelo auxiliar.

Remoção em Árvore Binária de Busca



- p aponta para um nó com ambos filhos não-nulos:

- p aponta para um nó com ambos filhos não-nulos:
 - Substitua o valor apontado por p pelo de seu sucessor imediato (o nó mais à esquerda da subárvore direita), e

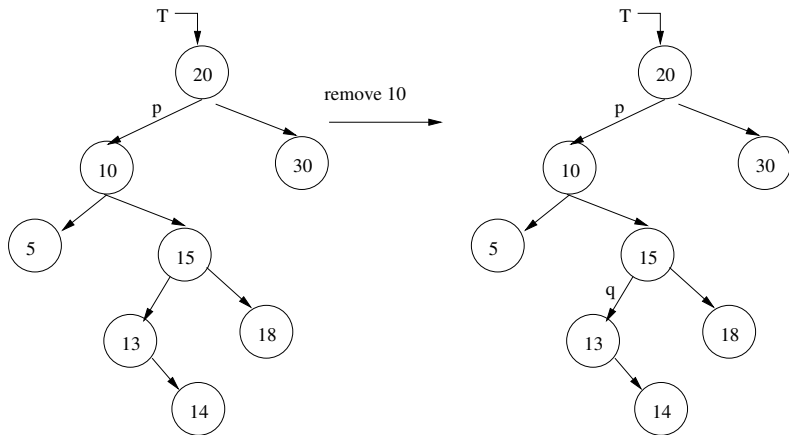
- p aponta para um nó com ambos filhos não-nulos:
 - Substitua o valor apontado por p pelo de seu sucessor imediato (o nó mais à esquerda da subárvore direita), e
 - na busca pelo sucessor, remova o sucessor com a rotina do caso anterior, pois terá no máximo um filho à direita.

Remoção em Árvore Binária de Busca

- p aponta para um nó com ambos filhos não-nulos:
 - Substitua o valor apontado por p pelo de seu sucessor imediato (o nó mais à esquerda da subárvore direita), e
 - na busca pelo sucessor, remova o sucessor com a rotina do caso anterior, pois terá no máximo um filho à direita.

Note que o apontador da subárvore direita deve ser passado por referência devido a remoção dentro da função de busca pelo sucessor.

Remoção em Árvore Binária de Busca



Remoção em Árvore Binária de Busca

