

# Árvores Binárias de Busca

Algoritmos e Estruturas de Dados - 2025/02

Última atualização: 15/07/2025 11:53

Vamos definir nossa linguagem para trabalhar com árvores nesta aula. Dado um nó  $x$  de nossa árvore,

- $x.left$  é o filho esquerdo de  $x$ . Se ele não existir seu valor é  $NIL$
- $x.right$  é o filho direito de  $x$ . Se ele não existir seu valor é  $NIL$
- $x.key$  é o valor que  $x$  representa na árvore.

Árvores são estruturas naturalmente recursivas. Se tomarmos um nó  $x$  qualquer de uma árvore podemos falar em uma *subárvore enraizada em  $x$* . Assim, podemos definir uma árvore como:

- um nó raiz  $r$  com uma chave  $r.key$
- um apontador para uma subárvore esquerda  $r.left$
- um apontador para uma subárvore direita  $r.right$

A figura abaixo é um bom resumo do vocabulário usado em árvores.

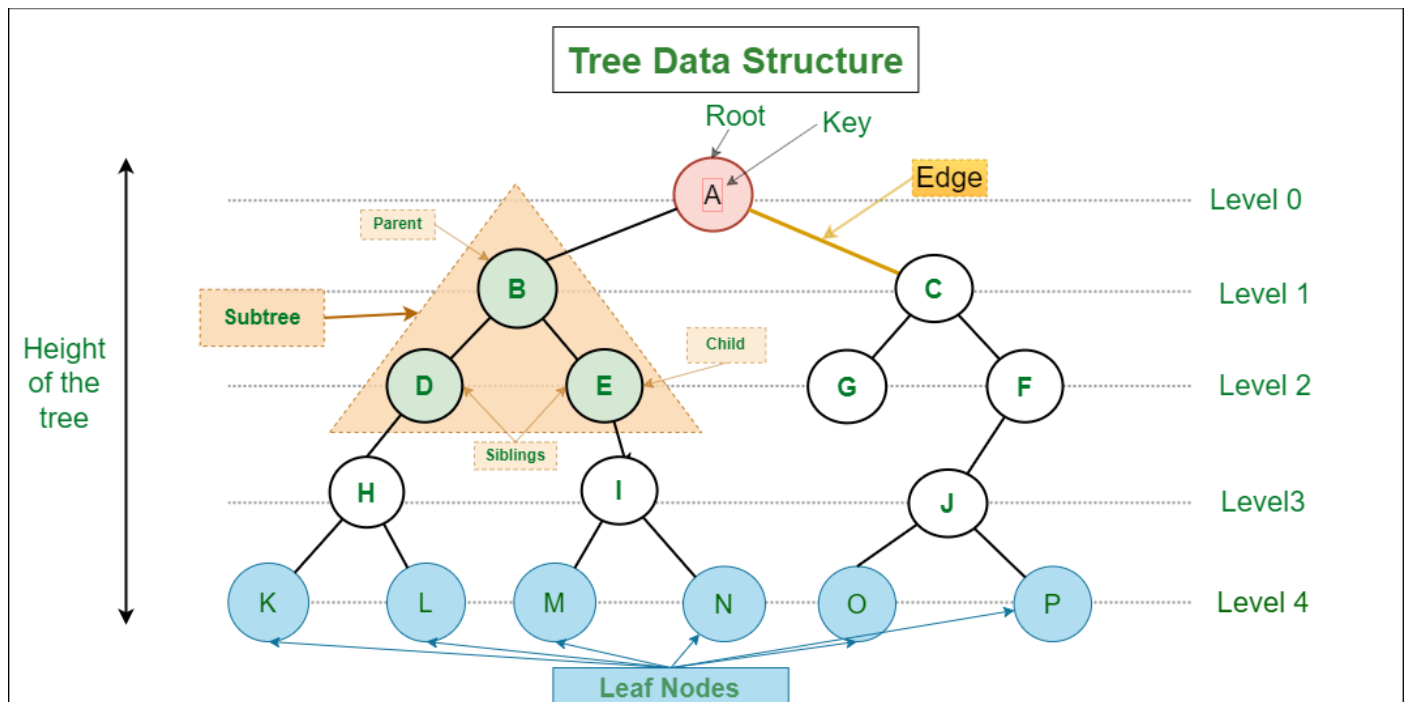


Figure 1: Fonte: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-tree-data-structure-and-algorithm-tutorials/>

Uma *Árvore de Busca Binária* é uma árvore especial que guarda seus elementos em ordem crescente de *key*. Para isso ela tem a seguinte propriedade:

## Propriedade básica da ABB

Para todo nó  $x$  em uma ABB:

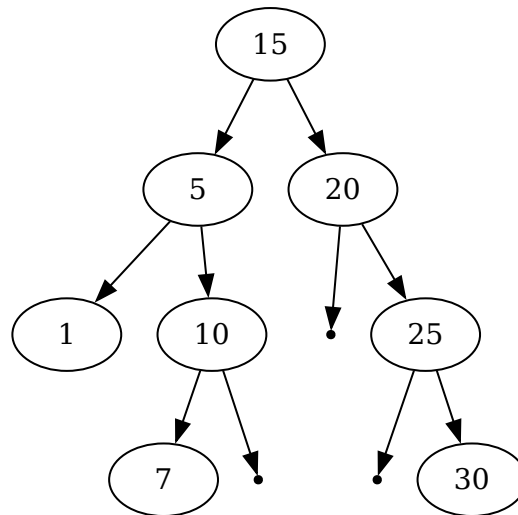
- $x.key \geq l.key$  para todo nó  $l$  na subárvore esquerda de  $x$
- $x.key \leq r.key$  para todo nó  $r$  na subárvore direita de  $x$

Se uma árvore não respeitar as propriedades acima então ela não é uma ABB. Isso facilita muito checarmos se um elemento está na árvore.

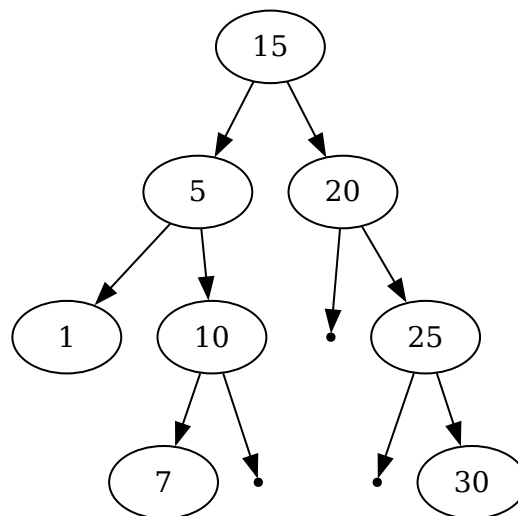
## Buscando por elementos

A busca (*query*) é a operação mais básica de uma ABB e envolve dizer se existe um elemento com chave  $k$  na árvore. É também um ótimo lugar para começarmos a entender como aplicar a *Propriedade básica da ABB*.

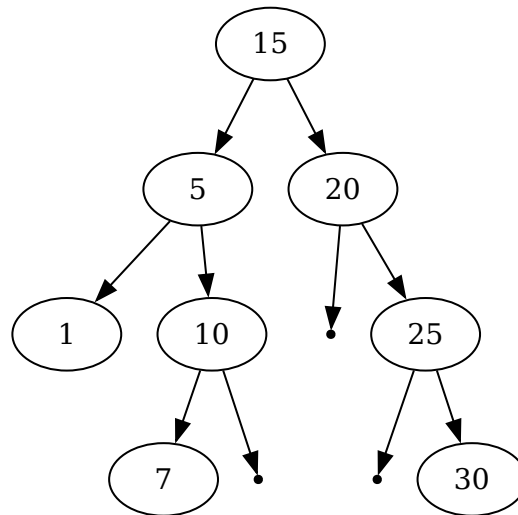
Faremos a busca do valor **7** na árvore abaixo. Desenhe em cima da árvore as decisões tomadas em cada nó, começando na raiz e descendo até encontrar o valor **7**.



Agora faça a busca pelo valor **27**. Desenhe em cima da árvore as decisões tomadas em cada nó. O que acontece quando chegamos em um nó raiz?



Agora faça a busca pelo valor **13**. Desenhe em cima da árvore as decisões tomadas em cada nó. Como descobrimos que esse valor **não** está na árvore?



Vamos agora formalizar essas simulações no algoritmo `QUERY(R, K)` que busca o valor `K` na árvore enraizada em `R`.

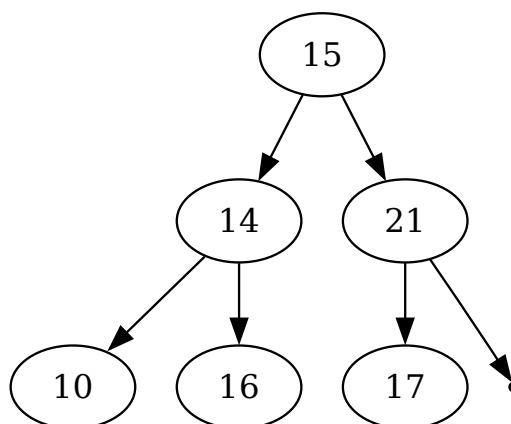
Algoritmo (iterativo)

Algoritmo (recursivo)

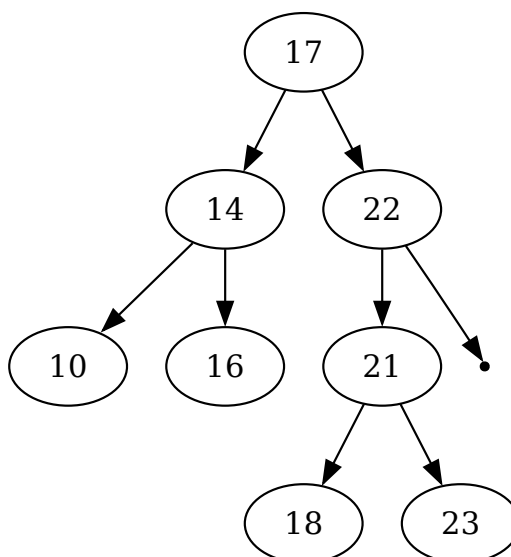
## Validar uma *ABB*

Vamos começar vendo alguns exemplos de árvores que não são *ABB*. Para cada árvore abaixo, indique os nós em que **propriedade básica da ABB** não vale. Se não lembra a propriedade, consulte a página 1 :)

### Árvore 1



### Árvore 2



Anote nas margens como fez para checar se qual nó não cumpre a propriedade.

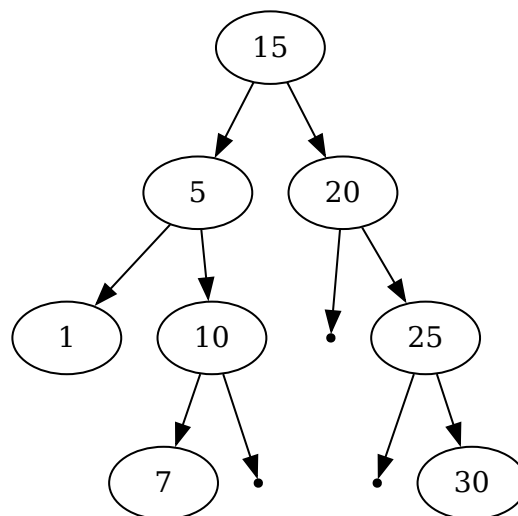
Percebemos que um algoritmo para isso precisa de várias partes!

1. precisamos checar se a propriedade é válida para todos os nós
2. para checar a propriedade precisamos percorrer toda a subárvore esquerda e toda a subárvore direita, novamente percorrendo todos os nós.

Em árvores temos 3 maneiras “clássicas” de percorrer todos os nós:

1. **pré-ordem**: analisa primeiro o nó raiz, depois a subárvore esquerda e por último a subárvore direita.
2. **pós-ordem**: analisa primeiro a subárvore esquerda, depois a direita e por último o nó raiz.
3. **em-ordem**: analisa primeiro a subárvore esquerda, depois o nó raiz e por último a subárvore direita.

Note que as ordens induzem a criação de algoritmos recursivos: passar por todos os nós de uma árvore enraizada em R implica passar por todos os nós de outras duas árvores (seus ramos esquerdo e direito). Use a árvore abaixo para simular essas três ordens de visitação.



**pré-ordem:**

**pós-ordem:**

**em-ordem:**

Formalize agora abaixo as três ordens de visitação. Indique que o nó raiz está sendo processado chamando a função auxiliar `FAZ_ALGO(R)`.

**Algoritmo pré-ordem****Algoritmo em-ordem****Algoritmo pós-ordem**

## Atividades Práticas e Implementação

Agora é hora de exercitar os conceitos vistos nessa atividade. Acesse o PrairieLearn e faça os exercícios deste handout. Nos exercícios de código, use os algoritmos escritos no handout para prosseguir. Para o exercício de validação, pense em como os pseudo-códigos de ordem de visitaçoão podem ajudar a criar um algoritmo para resolver este problema.

Todos exercícios de código do PrairieLearn usam o seguinte `struct`. Ele é basicamente idêntico à maneira que escrevemos nosso pseudo-código, então portar os algoritmos para *C* deve ser algo relativamente fácil/rápido.

```
typedef struct _TreeNode {  
    struct _TreeNode *left, *right;  
    int key;  
} TreeNode;
```