# Relatório Estrutura de Dados

**Aluno:** Thales Yahya

## 1.0 **Árvore binária**

### *1.1 Classe Árvore Binária*

```
1   public class ArvoreBinaria {
2       private NodeArvore raiz;
3
4       public ArvoreBinaria() { this.raiz = null; }
7
8       public void inserir(int dado) {...}
49
50      //Metodos pra printar
51
52      public void imprimir(){...}
63      public void preOrdem(NodeArvore arvore){...}
70      private void inOrdem(NodeArvore arvore){...}
77      private void posOrdem(NodeArvore arvore){...}
84
85      //Verica se é folha
86  @   private boolean Folha(NodeArvore no){...}
93
94      //Buscar
95      public boolean buscar(int valor) {...}
114
115     public boolean buscarComTempo(int valor) {...}
141     //Remover raiz
142     private void removerRaiz() {...}
175
176     //Econtrar menor valor
177 @   private NodeArvore encontrarMenorValor(NodeArvore no) {...}
183
184     // Remover valor da árvore
185     private void removerSucessor(NodeArvore noAtual, NodeArvore pai) {...}
198
199     public void remover(int dado) {...}
262
263     public void removerComTempo(int dado) {...}
331
332     public NodeArvore getRaiz() {
333         return raiz;
334     }
335 }
```

### *1.2 Implementação dos Métodos iniciais*

Declara uma variável de instância chamada raiz, que representa o nó raiz da árvore.

```
private NodeArvore raiz;
```

Em seguida cria um construtor da classe ArvoreBinaria. O construtor é chamado quando um novo objeto ArvoreBinaria é criado.

```
public ArvoreBinaria(){
    this.raiz = null;
}
```

## *1.3 Implementação do Método Inserir*

```
public void inserir(int dado) {
    // Cria um novo nó com o valor informado
    NodeArvore no = new NodeArvore();
    no.setValor(dado);

    // Verifica se a árvore está vazia
    if (raiz == null) {
        // Se estiver vazia, o novo nó se torna a raiz da árvore
        raiz = no;
        return;
    }

    // Se a árvore não estiver vazia, começa a procurar o local de inserção
    NodeArvore atual = raiz;
    while (true) {
        // Se o valor a ser inserido for menor que o valor atual
        if (dado < atual.getValor()) {
            // Verifica se o nó à esquerda do nó atual é nulo
            if (atual.getEsquerdo() == null) {
                // Se for nulo, o novo nó é inserido à esquerda do nó atual
                atual.setEsquerdo(no);
                break; // Sai do loop
            }
            // Caso contrário, continua navegando para a esquerda na árvore
            atual = atual.getEsquerdo();
        } else {
            // Se o valor a ser inserido for maior ou igual ao valor atual
            // (ou seja, vai para a direita)
            if (atual.getDireito() == null) {
                // Verifica se o nó à direita do nó atual é nulo
                if (atual.getDireito() == null) {
                    // Se for nulo, o novo nó é inserido à direita do nó atual
                    atual.setDireito(no);
                    break; // Sai do loop
                }
            }
            // Caso contrário, continua navegando para a direita na árvore
            atual = atual.getDireito();
        }
    }
}
```

### 1.3.1 Explicação do Código

```
public void inserir(int dado) {
    // Cria um novo nó com o valor informado
    NodeArvore no = new NodeArvore();
    no.setValor(dado);
```

Um novo nó no é criado com o valor dado que deseja ser inserido na árvore.

```
// Verifica se a árvore está vazia
if (raiz == null) {
    // Se estiver vazia, o novo nó se torna a raiz da árvore
    raiz = no;
    return;
}
```

Aqui, o código verifica se a árvore está vazia (a raiz é null). Se a árvore estiver vazia, o novo nó “no” se torna a raiz da árvore.

```
while (true) {
    // Se o valor a ser inserido for menor que o valor atual
    if (dado < atual.getValor()) {
        // Verifica se o nó à esquerda do nó atual é nulo
        if (atual.getEsquerdo() == null) {
            // Se for nulo, o novo nó é inserido à esquerda do nó atual
            atual.setEsquerdo(no);
            break; // Sai do loop
        }
        // Caso contrário, continua navegando para a esquerda na árvore
        atual = atual.getEsquerdo();
    } else {
        // Se o valor a ser inserido for maior ou igual ao valor atual
        // (ou seja, vai para a direita)
        if (atual.getDireito() == null) {
            // Verifica se o nó à direita do nó atual é nulo
            if (atual.getDireito() == null) {
                // Se for nulo, o novo nó é inserido à direita do nó atual
                atual.setDireito(no);
                break; // Sai do loop
            }
        }
        // Caso contrário, continua navegando para a direita na árvore
        atual = atual.getDireito();
    }
}
```

Nessa parte do código caso o dado que desejamos inserir for menor que o valor do nó atual (atual.getValor()), então verificamos se o nó à esquerda (atual.getEsquerdo()) do nó atual é nulo. Se for nulo, inserimos o novo nó à esquerda do nó atual e saímos do loop.

Caso contrário, se o dado for maior ou igual ao valor do nó atual, verificamos se o nó à direita (atual.getDireito()) do nó atual é nulo. Se for nulo, inserimos o novo nó à direita do nó atual e saímos do loop.

Se ambos os lados não forem nulos, continuamos navegando para a esquerda ou direita na árvore, dependendo do valor do dado em relação ao valor do nó atual. Isso se repete até encontrarmos um local vazio para inserir o novo nó.

*1.4 Métodos para imprimir a Árvore*

```
public void imprimir(){
    System.out.print("Pré-ordem: ");
    preOrdem(raiz);
    System.out.println("\n");
    System.out.print("In-ordem: ");
    inOrdem(raiz);
    System.out.println("\n");
    System.out.print("Pós-ordem: ");
    posOrdem(raiz);
    System.out.println("\n");
}
```

Esta função é usada para imprimir os nós da árvore em três diferentes formas: pré-ordem, in-ordem e pós-ordem. Ela chama as funções apropriadas e imprime os valores dos nós na sequência desejada.

```java
public void preOrdem(NodeArvore arvore){
    if (arvore != null){ // se o no nao for nulo
        System.out.print(arvore.getValor() + " "); // printa a informacao
        preOrdem(arvore.getEsquerdo()); // chamada recursiva com o proximo da esquerda
        preOrdem(arvore.getDireito()); // chamada recursiva com o proximo da direita
    }
}
```

Esta função imprime os nós da árvore em pré-ordem, o que significa que ela primeira visita o nó atual, em seguida, o nó à esquerda e, por fim, o nó à direita. Isso é feito de forma recursiva, e a função verifica se o nó não é nulo antes de imprimir seu valor.

```java
private void inOrdem(NodeArvore arvore){
    if(arvore != null){ // se o no nao for nulo
        inOrdem(arvore.getEsquerdo()); // chamada recursiva com o proximo da esquerda
        System.out.print(arvore.getValor() + " "); // printa a informacao
        inOrdem(arvore.getDireito()); // chamada recursiva com o proximo da direita
    }
}
```

Essa função imprime os nós da árvore em in-ordem, o que significa que ela visita o nó à esquerda, depois o nó atual e, por fim, o nó à direita. Como as outras funções, ela também é feita de forma recursiva e verifica se o nó não é nulo antes de imprimir o valor.

```java
private void posOrdem(NodeArvore arvore){
    if(arvore != null){ // se o no nao for nulo
        posOrdem(arvore.getEsquerdo()); // chamada recursiva com o proximo da esquerda
        posOrdem(arvore.getDireito()); // chamada recursiva com o proximo da direita
        System.out.print(arvore.getValor() + " "); // printa a informacao
    }
}
```

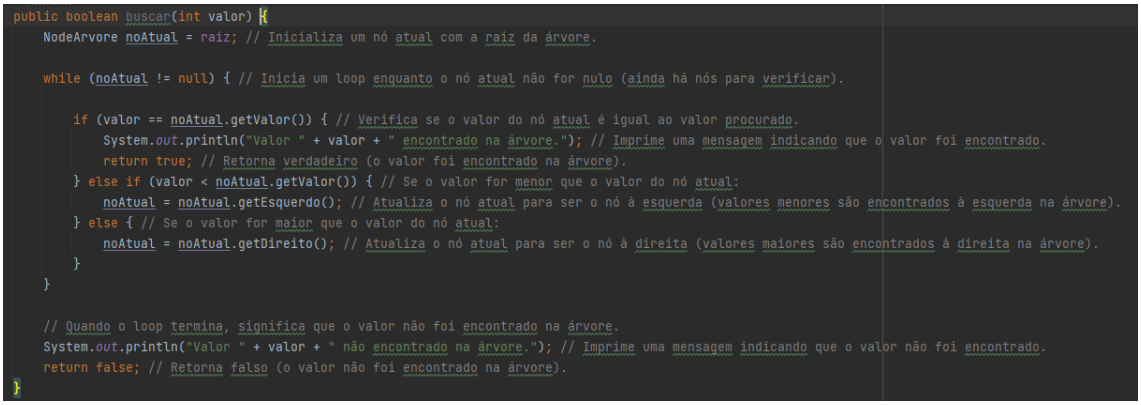
Essa função imprime os nós da árvore em pós-ordem, o que significa que ela primeira visita o nó à esquerda, depois o nó à direita e, por fim, o nó atual. Também é feita de forma recursiva que verifica se o nó não é nulo antes de imprimir o valor.

### *1.5 Métodos para verificar se é folha*

```java
private boolean Folha(NodeArvore no){
    if(no.getEsquerdo() == null && no.getDireito() == null){
        return true;
    } else {
        return false;
    }
}
```

Essa função Folha(NodeArvore no) verifica se o nó no é uma folha na árvore. Uma folha é um nó que não tem filhos, ou seja, nem à esquerda (no.getEsquerdo()) nem à direita (no.getDireito()) há outros nós

## 1.6 *Método para Buscar na Árvore Binária*



```java
public boolean buscar(int valor) {
    NodeArvore noAtual = raiz; // Inicializa um nó atual com a raiz da árvore.

    while (noAtual != null) { // Inicia um loop enquanto o nó atual não for nulo (ainda há nós para verificar).

        if (valor == noAtual.getValor()) { // Verifica se o valor do nó atual é igual ao valor procurado.
            System.out.println("Valor " + valor + " encontrado na árvore."); // Imprime uma mensagem indicando que o valor foi encontrado.
            return true; // Retorna verdadeiro (o valor foi encontrado na árvore).
        } else if (valor < noAtual.getValor()) { // Se o valor for menor que o valor do nó atual:
            noAtual = noAtual.getEsquerdo(); // Atualiza o nó atual para ser o nó à esquerda (valores menores são encontrados à esquerda na árvore).
        } else { // Se o valor for maior que o valor do nó atual:
            noAtual = noAtual.getDireito(); // Atualiza o nó atual para ser o nó à direita (valores maiores são encontrados à direita na árvore).
        }
    }

    // Quando o loop termina, significa que o valor não foi encontrado na árvore.
    System.out.println("Valor " + valor + " não encontrado na árvore."); // Imprime uma mensagem indicando que o valor não foi encontrado.
    return false; // Retorna falso (o valor não foi encontrado na árvore).
}
```

Inicializa um nó chamado noAtual com a raiz da árvore para iniciar a busca.
Entra em um loop que continua enquanto noAtual não for nulo. Isso significa que ele irá percorrer a árvore até encontrar o valor desejado ou até não haver mais nós para verificar.
Dentro do loop:

Verifica se o valor do noAtual é igual ao valor procurado (valor). Se forem iguais, imprime uma mensagem indicando que o valor foi encontrado na árvore e retorna true, indicando que o valor foi encontrado com sucesso.
Caso o valor seja menor do que o valor do noAtual:

Atualiza o noAtual para ser o nó à esquerda, pois valores menores são encontrados à esquerda em uma árvore binária de busca.
Caso o valor seja maior do que o valor do noAtual:
Atualiza o noAtual para ser o nó à direita, pois valores maiores são encontrados à direita em uma árvore binária de busca.
Após o loop, se o valor não tiver sido encontrado, o método imprime uma mensagem indicando que o valor não foi encontrado na árvore e retorna false, indicando que o valor não foi encontrado com sucesso.

### *1.7 Métodos para Remoção da Árvore Binária*

```
private void removerSucessor(NodeArvore noAtual, NodeArvore pai) {
    if (Folha(noAtual)) {
        if (noAtual == raiz) {
            raiz = null;
        } else if (noAtual == pai.getEsquerdo()) {
            pai.setEsquerdo(null);
        } else {
            pai.setDireito(null);
        }
    } else {
        removerSucessor(noAtual.getEsquerdo(), noAtual);
    }
}
```

Ela recebe dois argumentos: noAtual, que é o nó a ser removido, e pai, que é o nó pai do noAtual.
A função começa verificando se o noAtual é uma folha, o que significa que ele não tem filhos (nem à esquerda, nem à direita). Isso é verificado usando a função Folha(noAtual). Se for uma folha, o código entra no bloco condicional interno.
Dentro do bloco condicional, o código verifica se o noAtual é a raiz da árvore (raiz == noAtual). Se for a raiz, define a raiz da árvore como null, indicando que a árvore ficará vazia após a remoção. Caso contrário, verifica se o noAtual é o filho esquerdo do pai ou o filho direito e, em seguida, define o filho correspondente do pai como null, removendo assim o noAtual.

Se o noAtual não for uma folha (ou seja, ele tem um filho à esquerda), a função chama a si mesma recursivamente com o filho à esquerda do noAtual e atualiza o paicomo onoAtual`. Isso continua até que um nó folha seja encontrado, que é tratado no primeiro caso descrito.

```java
public void remover(int dado) {
    if (raiz == null) {
        return; // A árvore está vazia, nada a fazer.
    }

    NodeArvore noAtual = raiz;
    NodeArvore pai = null;
    boolean ehFilhoEsquerdo = true;

    // Encontre o nó a ser removido e seu pai
    while (noAtual != null && noAtual.getValor() != dado) {
        pai = noAtual;
        if (dado < noAtual.getValor()) {
            noAtual = noAtual.getEsquerdo();
            ehFilhoEsquerdo = true;
        } else {
            noAtual = noAtual.getDireito();
            ehFilhoEsquerdo = false;
        }
    }

    // Se o nó a ser removido não foi encontrado
    if (noAtual == null) {
        return; // O valor a ser removido não está na árvore.
    }

   // O nó a ser removido é uma folha (não possui filhos)
    if (Folha(noAtual)) {
        if (noAtual == raiz) {
            raiz = null;
        } else if (ehFilhoEsquerdo) {
            pai.setEsquerdo(null);
        } else {
            pai.setDireito(null);
        }
    }
    //O nó possui um filho a direita
    else if (noAtual.getEsquerdo() == null) {
        if (noAtual == raiz) {
            raiz = noAtual.getDireito();
        } else if (ehFilhoEsquerdo) {
```

```
                pai.setEsquerdo(noAtual.getDireito());
            } else {
                pai.setDireito(noAtual.getDireito());
            }
        }
        //O nó possui um filho a esquerda
        else if (noAtual.getDireito() == null) {
            if (noAtual == raiz) {
                raiz = noAtual.getEsquerdo();
            } else if (ehFilhoEsquerdo) {
                pai.setEsquerdo(noAtual.getEsquerdo());
            } else {
                pai.setDireito(noAtual.getEsquerdo());
            }
        }
        //Tiver 2 filhos
        else {
            NodeArvore sucessor = encontrarMenorValor(noAtual.getDireito());
            noAtual.setValor(sucessor.getValor());
            removerSucessor(noAtual.getDireito(), noAtual);
        }
    }
```

Verifica se a árvore está vazia (raiz == null). Se a árvore estiver vazia, não há nada a ser feito, e a função retorna.
Caso não esteja inicializa o noAtual como a raiz da árvore e cria variáveis pai e ehFilhoEsquerdo. pai será usado para rastrear o nó pai do noAtual, e ehFilhoEsquerdo indicará se o noAtual é um filho esquerdo ou direito do pai.
Inicia um loop que continua enquanto noAtual não for nulo e o valor do noAtual não for igual ao valor que deseja ser removido (dado). O loop percorre a árvore até encontrar o nó com o valor a ser removido.
Se o loop terminar e noAtual for nulo, significa que o valor a ser removido não está presente na árvore, e a função retorna sem fazer nada.
Se o noAtual a ser removido é uma folha (não tem filhos), ele é removido da árvore. O tratamento varia se o noAtual é a raiz, um filho esquerdo ou um filho direito do pai.
Se o noAtual a ser removido tiver um filho à direita, o nó é removido e o seu filho à direita substitui o noAtual. Mais uma vez, o tratamento varia se o noAtual é a raiz, um filho esquerdo ou um filho direito do pai.
Se o noAtual a ser removido tiver um filho à esquerda, o nó é removido e o seu filho à esquerda substitui o noAtual. O tratamento varia da mesma maneira que nos casos anteriores.

Se o noAtual a ser removido tiver dois filhos, é necessário encontrar o sucessor mais à esquerda do nó direito (o nó com o menor valor na subárvore direita). Esse sucessor é então copiado para o noAtual, e a função removerSucessor é chamada para remover o sucessor da subárvore direita.

## 2.0 **Árvore AVL**

**Leve em conta que alguns métodos da árvore Binária e Árvore AVL são os mesmos, porém alguns possuem pequenas modificações, os idênticos não irei citar aqui.**

```java
public void inserirAvl(int dado) {
    // Cria um novo nó com o valor informado
    NodeArvore no = new NodeArvore();
    no.setValor(dado);

    // Verifica se a árvore está vazia
    if (raiz == null) {
        // Se estiver vazia, o novo nó se torna a raiz da árvore
        raiz = no;
        // Em seguida, verifica o balanceamento da árvore com o novo nó
        verificarBalanceamento(no);
        return;
    }

    // Se a árvore não estiver vazia, começa a procurar o local de inserção
    NodeArvore atual = raiz;
    while (true) {
        // Se o valor a ser inserido for menor que o valor atual
        if (dado < atual.getValor()) {
            // Verifica se o nó à esquerda do nó atual é nulo
            if (atual.getEsquerdo() == null) {
                // Se for nulo, o novo nó é inserido à esquerda do nó atual
                atual.setEsquerdo(no);
                // Verifica o balanceamento após a inserção
                verificarBalanceamento(no);
                break; // Sai do loop
            }
            // Caso contrário, continua navegando para a esquerda na árvore
            atual = atual.getEsquerdo();
        } else {
            // Se o valor a ser inserido for maior ou igual ao valor atual
            // (ou seja, vai para a direita)
            if (atual.getDireito() == null) {
                // Verifica se o nó à direita do nó atual é nulo
                if (atual.getDireito() == null) {
                    // Se for nulo, o novo nó é inserido à direita do nó atual
                    atual.setDireito(no);
                    // Verifica o balanceamento após a inserção
                    verificarBalanceamento(no);
                    break; // Sai do loop
                }
```

O código de inserir possuí a mesma lógica, porém ao finalizar uma inserção ele chama o método verificarBalanceamento();

```java
public NodeArvore encontrarPai(NodeArvore no) {
    if (no == null || no == raiz) {
        return null; // O nó alvo não tem pai ou é a raiz.
    }
    NodeArvore percorre = raiz;
    NodeArvore pai = null;
    while (percorre != null) {
        if ((percorre.getEsquerdo() == no) || (percorre.getDireito() == no)) {
            pai = percorre;
            break; // Encontramos o pai do nó alvo.
        } else if (no.getValor() >= percorre.getValor()) {
            percorre = percorre.getDireito();
        } else {
            percorre = percorre.getEsquerdo();
        }
    }
    return pai;
}
```

A função recebe um nó “no” como entrada e tem o objetivo de encontrar o pai desse nó na árvore. O pai de um nó é o nó que possui um filho igual a “no”.
A função começa verificando dois casos especiais:
Se o nó “no” for nulo ou se o nó “no” for a raiz da árvore (raiz), a função retorna null. Isso ocorre porque a raiz não tem pai ou, em geral, quando um nó é nulo, ele não tem pai.
Em seguida, a função cria duas variáveis percorre e pai. percorre é inicializada com a raiz da árvore, e pai é inicializada como null. Essas variáveis serão usadas para percorrer a árvore e rastrear o pai do nó alvo.
Entra em um loop que continua enquanto percorre não for nulo. O objetivo deste loop é percorrer a árvore até encontrar o pai do nó alvo.
Dentro do loop, a função verifica se o nó “no” é igual ao filho esquerdo (percorre.getEsquerdo()) ou ao filho direito (percorre.getDireito()) do nó atual (percorre). Se for igual a um dos filhos, significa que o nó no é o filho desse nó percorre, e, portanto, o nó percorre é o pai do nó alvo no. A função atualiza a variável pai com o valor de percorre e sai do loop usando break.
Se o nó “no” não for igual a nenhum dos filhos do nó atual, a função verifica se o valor do nó alvo “no” é maior ou igual ao valor do nó atual percorre. Se for maior ou igual, isso significa que o nó alvo está

localizado à direita do nó atual, e a função atualiza percorre para ser o filho direito (percorre = percorre.getDireito()).
Caso contrário, o nó alvo está localizado à esquerda do nó atual, e a função atualiza percorre para ser o filho esquerdo (percorre = percorre.getEsquerdo()).
O loop continua a percorrer a árvore até encontrar o pai do nó alvo. Quando o pai é encontrado, a função sai do loop e retorna o nó pai.

```
private int altura(NodeArvore no){
    if(no == null){ // se o no for null
        return -1; // retorna -1
    }
    int esquerda = altura(no.getEsquerdo()); // percorre a esquerda
    int direita = altura(no.getDireito()); // percorre a direita
    if(esquerda > direita){
        return 1 + esquerda;
    } else {
        return 1 + direita;
    }
}
```

Esta função calcula a altura de um nó na árvore AVL. A altura de um nó é a quantidade de arestas no caminho mais longo entre esse nó e uma folha. Se o nó for nulo (ou seja, não existir na árvore), a função retorna -1 como indicativo de que esse nó não tem altura.
A função inicia com uma verificação: se o nó no for nulo, ela retorna -1 imediatamente.
Se o nó não for nulo, a função prossegue para calcular a altura. Ela faz isso de forma recursiva, ou seja, chamando a si mesma para calcular a altura dos filhos do nó no.
A função calcula a altura do nó à esquerda (no.getEsquerdo()) e a altura do nó à direita (no.getDireito()) chamando a função altura para esses nós filhos.
Ela compara as alturas da subárvore à esquerda e da subárvore à direita com a finalidade de determinar qual delas é maior.
A funçao retorna 1 mais a altura da subárvore mais alta entre a esquerda e a direita. Isso ocorre porque ao subir um nível na árvore, adiciona-se 1 à altura atual.

```java
private NodeArvore rotacaoEsquerda(NodeArvore no){
    NodeArvore novaRaiz = no.getDireito(); // seta a nova raiz como sendo o no da direita
    no.setDireito(novaRaiz.getEsquerdo()); // seta a direita da antiga raiz o esquerdo da nova raiz
    novaRaiz.setEsquerdo(no); // atualiza o esquerdo da nova raiz como sendo a raiz antiga
    return novaRaiz; // retorna a raiz do jeito certo
}
```

Essa função ela recebe um nó no como entrada, que representa a raiz da subárvore que precisa ser rotacionada à esquerda.
A função começa criando uma referência chamada novaRaiz e a inicializa com o nó à direita do nó “no”. Isso efetivamente faz da novaRaiz a nova raiz da subárvore.
Em seguida, a função atualiza os ponteiros do nó “no”. O nó “no” deve ter seu filho à direita atualizado para ser o filho à esquerda da novaRaiz, para garantir que a estrutura da árvore seja mantida.
A novaRaiz deve ter seu filho à esquerda atualizado para ser o nó “no”, para garantir que o “no” se torne o filho à esquerda da novaRaiz.
Por fim, a função retorna a novaRaiz, que agora é a nova raiz da subárvore após a rotação.

```java
private NodeArvore duplaRotacaoEsquerda(NodeArvore no){
    NodeArvore novaRaiz = no.getDireito().getEsquerdo(); // pega a nova raiz da arvore que vai ser o neto da raiz que entrou
    NodeArvore pai = no.getDireito(); // armazena o pai
    NodeArvore vo = no; // armazena o vo
    pai.setEsquerdo(novaRaiz.getDireito());
    vo.setDireito(novaRaiz.getEsquerdo());
    novaRaiz.setEsquerdo(vo);  // seta o vo a esquerda da nova raiz
    novaRaiz.setDireito(pai); // seta o pai a direita da nova raiz
    return novaRaiz; // retorna a raiz balanceada
}
```

Ela recebe um nó “no” como entrada, que representa a raiz da subárvore que precisa ser rotacionada.
A função começa criando três referências: novaRaiz, pai, e vo. novaRaiz será a nova raiz da subárvore após a rotação dupla, pai será o pai do “no”, e vo será o próprio nó “no”.
A novaRaiz é definida como o filho esquerdo do filho direito do “no”, ou seja, o neto à esquerda do “no”.
O pai é definido como o filho direito do “no”.
Em seguida, a função realiza a rotação à direita “no”  nó pai (que é um nó filho direito). Para isso, o filho direito do pai é atualizado para ser o filho direito do novaRaiz
A função realiza a rotação à esquerda no nó vo. Para isso, o filho direito do vo é atualizado para ser o filho esquerdo do novaRaiz.

Finalmente, a novaRaiz é definida como a nova raiz da subárvore após a rotação, com o vo como filho esquerdo e o pai como filho direito.
A função retorna a novaRaiz, que agora é a nova raiz da subárvore após a rotação dupla à esquerda.

```
private NodeArvore rotacaoDireita(NodeArvore no){...}
private NodeArvore duplaRotacaoDireita(NodeArvore no){...}
```

Essas duas funções possuem a mesma lógica porem são invertidas as rotações.

```
private void verificarBalanceamento(NodeArvore no) {
    if (no == null) {
        return;
    }

    // Recalcula o fator de balanceamento
    int balanceamento = altura(no.getEsquerdo()) - altura(no.getDireito());

    // Verifica se o balanceamento está fora do intervalo [-1, 1]
    if (balanceamento > 1) {
        if (altura(no.getEsquerdo().getEsquerdo()) >= altura(no.getEsquerdo().getDireito())) {
            no = rotacaoDireita(no);
        } else {
            no = duplaRotacaoDireita(no);
        }
    } else if (balanceamento < -1) {
        if (altura(no.getDireito().getDireito()) >= altura(no.getDireito().getEsquerdo())) {
            no = rotacaoEsquerda(no);
        } else {
            no = duplaRotacaoEsquerda(no);
        }

        // Atualiza o nó pai, se houver
        NodeArvore pai = encontrarPai(no);
        if (pai != null) {
            if (no.getValor() >= pai.getValor()) {
                pai.setDireito(no);
            } else {
                pai.setEsquerdo(no);
            }
            verificarBalanceamento(pai); // Verifica o balanceamento recursivamente subindo na árvore.
        } else {
            // No caso em que o balanceamento é corrigido na raiz, atualiza a raiz da árvore.
            raiz = no;
        }
    }
}
```

A função recebe um nó no como entrada, que representa o nó cujo balanceamento deve ser verificado.

Ela começa com uma verificação: se o nó “no” for nulo, a função retorna imediatamente. Isso ocorre porque não há nada a ser verificado ou corrigido em um nó nulo.
A função calcula o fator de balanceamento do nó “no”. O fator de balanceamento é a diferença entre a altura da subárvore à esquerda e a altura da subárvore à direita. Isso é feito calculando a altura do filho esquerdo (altura(no.getEsquerdo())) e subtraindo a altura do filho direito (altura(no.getDireito())).
A função verifica se o balanceamento está fora do intervalo permitido de [-1, 1]. Isso significa que a árvore está desbalanceada, e a função precisa realizar uma ou duas rotações para corrigir o balanceamento.
Se o balanceamento for maior que 1, isso indica que a subárvore à esquerda é mais pesada. A função verifica a altura do filho à esquerda do filho à esquerda (altura(no.getEsquerdo().getEsquerdo())) em comparação com a altura do filho à esquerda do filho à direita. Com base nessa comparação, decide se deve realizar uma rotação simples à direita ou uma rotação dupla à direita para corrigir o balanceamento.
Se o balanceamento for menor que -1, isso indica que a subárvore à direita é mais pesada. Da mesma forma, a função verifica as alturas dos filhos à direita e decide se deve realizar uma rotação simples à esquerda ou uma rotação dupla à esquerda para corrigir o balanceamento.
Após a rotação, a função verifica o nó pai do nó “no” (usando a função encontrarPai(no)) para atualizar os ponteiros do pai corretamente após a rotação.
A função continua a verificar o balanceamento recursivamente subindo na árvore a partir do nó pai, chamando verificarBalanceamento(pai).
Se a raiz da árvore for afetada pela rotação (o que pode ocorrer se o nó “no” for a raiz original da árvore), a função atualiza a raiz da árvore para ser o novo nó “no”.

```
// Remover valor da árvore
public void remover(int dado){
    //Não consegui implementar
}
```

Não fui capaz de implementar essa lógica, realizei algumas pesquisas, algumas perguntas para o monitor, mas ao implementar a lógica, de alguma forma a árvore “quebrava”, talvez seja algum erro de lógica em outra parte do código, de qualquer forma não consegui realizar a implementação dessa função.

## 3.0 **Análise Crítica**

### 3.1 *Árvore Binária:*

Professor acho que essa árvore aqui é perfeita, a implementação dela é parcialmente simples e mais direta também, além de ser mais legal de mexer e utilizar, o único problema é o fato do balanceamento mesmo que em si a árvore pode ficar toda torta para um lado só, parecendo um galho perdido, de resto me diverti montando esse código.

### 3.2 *Árvore AVL*

Professor odiei esse negócio aqui, descobri que sou burro de mais e que a vida de um programador desesperado me tirou boas noites de sono. Brincadeiras a parte a construção desse código foi realmente um desafio, e imagino que eu não tenha conseguido ainda, porém oque achei interessante dessa árvore é seu balanceamento em si, e manter uma árvore “bonita”, a única vantagem que percebo é a complexidade dela em si.

## 4.0 **Análise de Desempenho**

### *4.1 100 Valores*

Tempo de Inserção Árvore Binária:

```
Tempo de inserção: 655200 nanossegundos
```

Tempo De Inserção Árvore AVL:

```
Tempo de inserção: 664700 nanossegundos
```

### *4.2 500 Valores*

Tempo de Inserção Árvore Binária:

```
Tempo de inserção: 1432600 nanossegundos
```

Tempo De Inserção Árvore AVL:

```
Tempo de inserção: 3276000 nanossegundos
```

*4.3 1000 Valores*

Tempo de Inserção Árvore Binária:

```
Tempo de inserção: 2024100 nanossegundos
```

Tempo De Inserção Árvore AVL:

```
Tempo de inserção: 2703300 nanossegundos
```

*4.4 10000 Valores*

Tempo de Inserção Árvore Binária:

```
Tempo de inserção: 12423500 nanossegundos
```

Tempo De Inserção Árvore AVL:

```
Tempo de inserção: 7104200 nanossegundos
```

*4.5 20000 Valores*

Tempo de Inserção Árvore Binária:

```
Tempo de inserção: 18264700 nanossegundos
```

Tempo De Inserção Árvore AVL:

```
Tempo de inserção: 15622300 nanossegundos
```

5.0 Análise de Busca

5.1 Valores Inseridos nas duas árvores:

**14-15-4-9-7-18-3-5-16-4-20-17-9-14-5**

5.2 *Árvore Binária:*

Busca do Número 5

```
Tempo decorrido: 1500 nanossegundos
```

5.3 *Árvore AVL:*

Busca do Número 5

```
Tempo decorrido: 1300 nanossegundos
```

6.0 **Análise de Remoção**

*6.1 Com os mesmo valores inseridos em cima*

**14-15-4-9-7-18-3-5-16-4-20-17-9-14-5**

*6.2 Árvore Binária:*

*Remoção do número 5*

```
Tempo de execução: 7400 nanossegundos
```

*6.3 Árvore AVL:*

**Infelizmente a remoção na árvore AVL não fui capaz de implementar.**