

Figura 5.4 Uma árvore 2-3 e a árvore B binária correspondente.

podem ser verticais ou horizontais. A eliminação da assimetria nas árvores B binárias leva às árvores B binárias simétricas, cujo nome foi abreviado para árvores SBB (*Symmetric Binary B-trees*) por Bayer (1972). A Figura 5.5 apresenta uma árvore SBB.

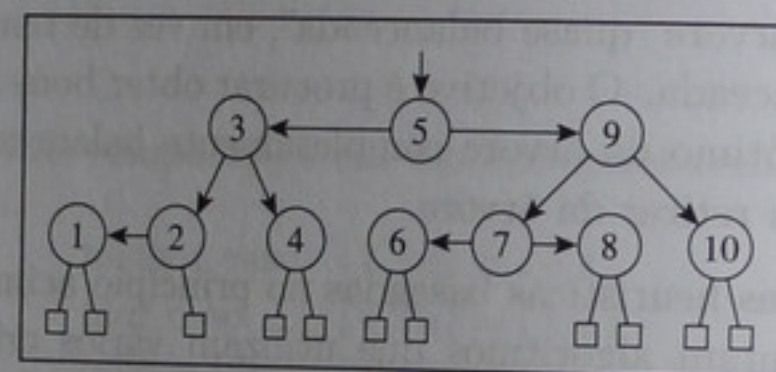


Figura 5.5 Árvore SBB.

A **árvore SBB** é uma árvore binária com dois tipos de apontadores, chamados apontadores verticais e apontadores horizontais, tal que:

1. todos os caminhos da raiz até cada nó externo possuem o mesmo número de apontadores verticais, e
2. não podem existir dois apontadores horizontais sucessivos.

Uma árvore SBB pode também ser vista como uma representação binária da **árvore 2-3-4** apresentada por Guibas e Sedgewick (1978) e mostrada em detalhes em Sedgewick (1988), na qual "supernós" podem conter até três chaves e quatro filhos. Por exemplo, tal "supernó", com chaves 3, 5 e 9, pode ser visto na árvore SBB da Figura 5.5.

### Transformações para Manutenção da Propriedade SBB

O algoritmo para árvores SBB usa transformações locais no caminho de inserção (retirada) para preservar o balanceamento. A chave a ser inserida (retirada) é sempre inserida (retirada) após o apontador vertical mais baixo na árvore. Dependendo da situação anterior à inserção (retirada), podem aparecer dois apontadores horizontais sucessivos e, neste caso, é necessário realizar uma transformação. Se

uma transformação é realizada, a altura da subárvore transformada é um nível maior do que a altura da subárvore original, o que pode provocar outras transformações ao longo do caminho de pesquisa, até a raiz da árvore. A Figura 5.6 mostra as transformações propostas por Bayer (1972), em que transformações simétricas podem ocorrer.

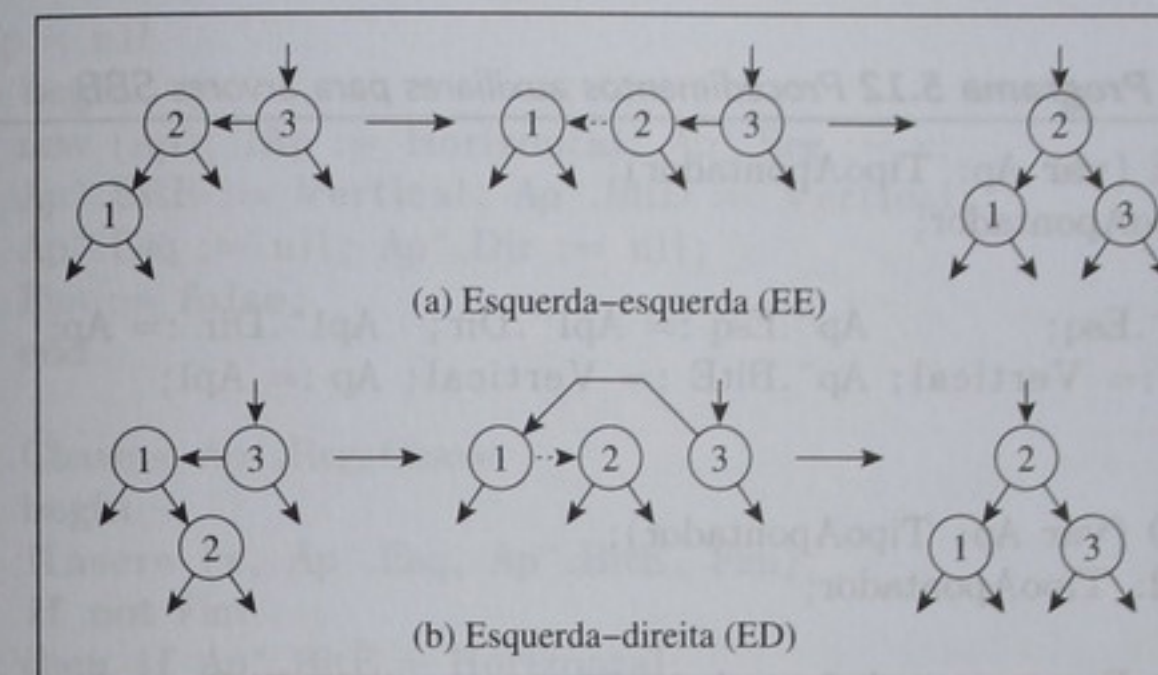


Figura 5.6 Transformações propostas por Bayer (1972).

A estrutura de dados árvore SBB será utilizada para implementar o tipo abstrato de dados Dicionário. A estrutura do Dicionário é apresentada no Programa 5.11. A única diferença da estrutura utilizada para implementar a árvore de pesquisa sem balanceamento (vide Programa 5.4) está nos campos BitE e BitD dentro do registro No, usados para indicar o tipo de apontador (horizontal ou vertical) que sai do nó.

Programa 5.11 Estrutura do dicionário para árvores SBB

```

type TipoChave      = integer;
   TipoRegistro     = record
       Chave: TipoChave
       { outros componentes }
   end;

   TipoInclinacao = (Vertical, Horizontal);
   TipoApontador  = ^TipoNo;
   TipoNo = record
       Reg      : TipoRegistro;
       Esq, Dir : TipoApontador;
       BitE, BitD: TipoInclinacao
   end;

   TipoDicionario = TipoApontador;

```

O procedimento Pesquisa para árvores SBB é idêntico ao procedimento Pesquisa para árvores sem balanceamento mostrado no Programa 5.5, porque o pro-