

As Árvores Multiway são uma estrutura de dados de busca onde um nó pode ter mais de 2 filhos, o que resulta em uma menor altura da árvore. Esse é o ponto crucial: uma menor altura faz com que, na hora de buscar um item, seja necessário menos acessos ao disco, que são os gargalos de desempenho em sistemas que gerenciam grandes volumes de dados. Essas árvores são fundamentais para a eficiência da memória secundária.

- **Árvore B+:**

- É uma árvore onde um nó pode ter ou mais filhos e é uma árvore balanceada onde todos os nós folha estão no mesmo nível. Essa característica de manter as folhas niveladas é a garantia do balanceamento, o que assegura que todas as buscas tenham uma complexidade de tempo uniforme e eficiente. As Árvores B são amplamente utilizadas em sistemas de arquivos e para a organização interna de índices em bancos de dados.

- **Árvore B\*:**

- Essa estrutura aprimora a B para consultas de intervalo. Em uma B+, apenas os nós folhas armazenam dados reais, enquanto os nós internos, como a raiz, armazenam chaves de índices para guiar a busca. A grande vantagem é que todos os nós folha são encadeados, permitindo um percurso sequencial muito rápido dos dados, uma operação comum em bancos de dados. Por isso, a B+ é o padrão de facto para indexação em sistemas de gerenciamento de banco de dados.

- **Árvore B\*:**

- Esta é uma otimização focada em maximizar o uso do espaço. A B\* usa uma estratégia que, ao invés de dividir um nó no momento que ele fica cheio (split), primeiro redistribui as chaves entre os nós irmãos cheios, buscando um preenchimento de pelo menos 2/3 das chaves em cada nó. A divisão (split) só ocorre quando dois nós irmãos estão completamente cheios. Essa redistribuição mais complexa garante uma melhor utilização do espaço e reduz a frequência de operações de reestruturação da árvore, economizando operações de I/O.

- **Árvore 2-3:**

- É uma árvore de busca balanceada onde todos os nós devem ter apenas 2 ou 3 filhos e todos os nós folha devem estar no mesmo nível. É um exemplo didático e perfeitamente balanceado de árvore multiway. O nó pode ser: 2-Nó: Contém 1 chave e tem 2 filhos; ou 3-Nó: Contém 2 chaves e tem 3 filhos. A complexidade de suas operações é logarítmica, mantendo o tempo de acesso eficiente.

- **Árvore 2-3-4:**

- É uma árvore de busca balanceada onde todos os nós devem ter apenas 2, 3 ou 4 filhos e todos os nós folha devem estar no mesmo nível. É particularmente notável por sua equivalência estrutural com as Árvores Rubro-Negras, sendo os algoritmos de balanceamento da Rubro-Negra uma forma de implementar a lógica de manipulação de nós 2, 3 e 4. Os tipos de nós são: 2-Nó: Contém 1 chave e tem 2 filhos; 3-Nó: Contém 2 chaves e tem 3 filhos; ou 4-Nó: Contém 3 chaves e tem 4 filhos.

- **Árvore Trie:**

-Esta estrutura é usada para armazenar uma sequência de strings (ou sequências de dados) onde a posição de um nó define o prefixo da *string* associada a ele. A busca e a inserção são incrivelmente rápidas, limitadas pelo comprimento da chave (), e não pelo número total de chaves. Isso a torna ideal para aplicações como sugestão automática de palavras, autocompletar e verificação ortográfica.

- **Árvore Patricia:**

- É uma variação da Trie que se concentra na eficiência de espaço. Em vez de ter um nó para cada caractere/bit, ela comprime os caminhos unários (onde um nó tem apenas um filho), armazenando a chave correspondente ao longo do caminho. Essa compactação elimina nós redundantes, sendo extremamente útil em aplicações como tabelas de roteamento IP e manipulação eficiente de strings.

- **Árvore Quad:**

- É uma árvore onde cada nó interior tem exatamente 4 filhos e é especificamente projetada para particionar um espaço bidimensional (2D). Ao dividir recursivamente um quadrado ou região em quatro quadrantes (Noroeste, Nordeste, Sudoeste e Sudeste), ela se torna uma ferramenta poderosa para indexar dados espaciais, como em jogos, processamento de imagens e sistemas de informação geográfica (GIS).

- **Árvore R:**

- Esta estrutura multiway é usada para indexar dados espaciais (multidimensionais) como coordenadas, polígonos ou retângulos. Cada nó interno armazena Retângulos de Delimitação Mínima (MBRs) que envolvem os MBRs ou objetos dos seus filhos. A principal dificuldade da R-Tree é que os MBRs podem se sobrepor, forçando a busca a descer por múltiplos caminhos.

- **Árvore R+:**

- Esta variação da Árvore R evita a sobreposição dos Retângulos de Delimitação Mínima. Para garantir a não-sobreposição, ela pode, em alguns casos, duplicar um objeto e armazená-lo em diferentes nós folha. Embora isso aumente o espaço de armazenamento, garante que a busca por uma coordenada desça por apenas um caminho na árvore, melhorando a velocidade de consulta para dados espaciais.