

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**ANA PAULA BOROWSKY DE BORBA
CARLOS EDUARDO NOGUEIRA MORCIANI
GIOVANNI GALARDA STRASSER
LUIS GUSTAVO CÂMARA MARTINS**

TDE 2 - ÁRVORES MULTIWAY

**CURITIBA
2025**

ANA PAULA BOROWSKY DE BORBA
CARLOS EDUARDO NOGUEIRA MORCIANI
GIOVANNI GALARDA STRASSER
LUIS GUSTAVO CÂMARA MARTINS

TDE 2 - ARVORES MULTIWAY

Pesquisa apresentada à disciplina de Resolução de problemas estruturados em computação, Bacharelado de Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Orientador: prof. Me. Andrey Cabral Meira

CURITIBA
2025

SUMÁRIO

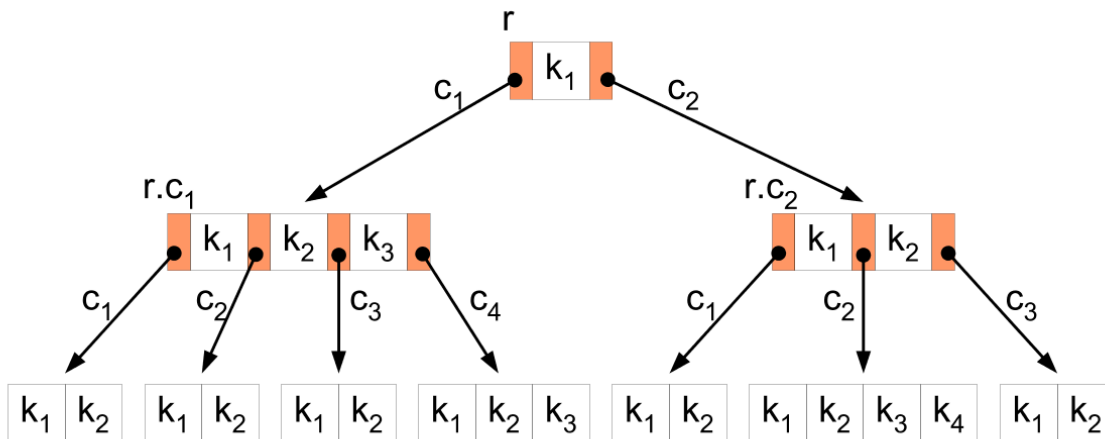
1. ÁRVORES MULTIWAY.....	4
1.1. ÁRVORE B.....	4
1.2. ÁRVORE B+.....	5
1.3. ÁRVORE B*.....	5
1.4. ÁRVORE 2-3.....	6
1.5. ÁRVORE 2-3-4.....	6
1.6. ÁRVORE TRIE.....	7
1.7. ÁRVORE R.....	8
1.8. ÁRVORE R+.....	9
1.9. ÁRVORE PATRICIA.....	9
1.10. ÁRVORE QUAD.....	10

1. ÁRVORES MULTIWAY

É uma estrutura de dados mais complexa que uma árvore binária, que permite que cada nó tenha mais que dois filhos. A forma como essa estrutura é organizada e as regras de busca em cada bifurcação podem variar bastante, sendo que cada tipo de árvore tem usos bem diferentes, como será demonstrado a seguir.

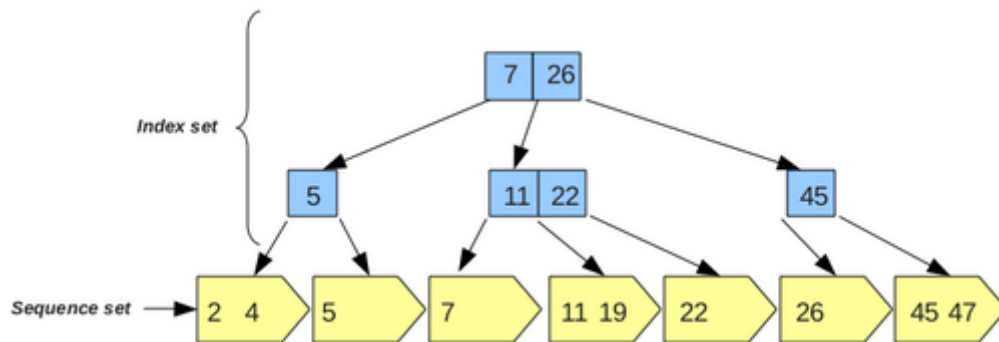
1.1. ÁRVORE B

A árvore B é uma estrutura de dados auto balanceada, extremamente útil para a indexação em camadas. Seus nós podem conter múltiplas chaves e filhos, o que reduz a altura da árvore e otimiza operações dentro da mesma. Todos os nós-folha estão no mesmo nível, garantindo desempenho consistente. Por essas características, é amplamente utilizada em sistemas de arquivos e bancos de dados que precisam de acesso eficiente a dados persistentes.



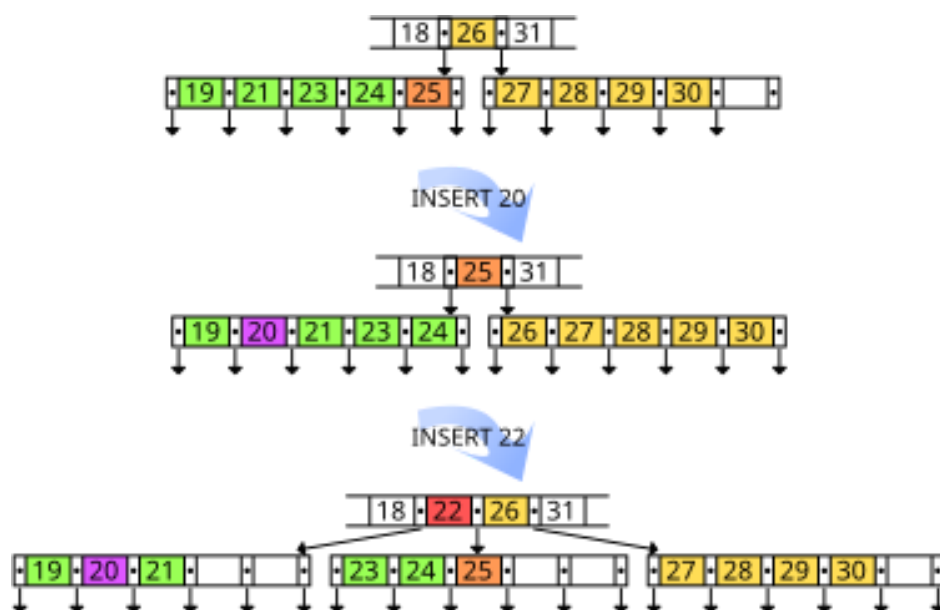
1.2. ÁRVORE B+

A árvore B+ é uma extensão da árvore B onde os dados são armazenados apenas nas “folhas”, enquanto os nós internos funcionam como tabelas de índices. As folhas são encadeadas sequencialmente, facilitando buscas por faixa e leituras ordenadas. Essa estrutura é extremamente útil para operações de leitura em grandes volumes de dados, sendo a escolha padrão em sistemas gerenciadores de bancos de dados e mecanismos de indexação em sistemas de arquivos.



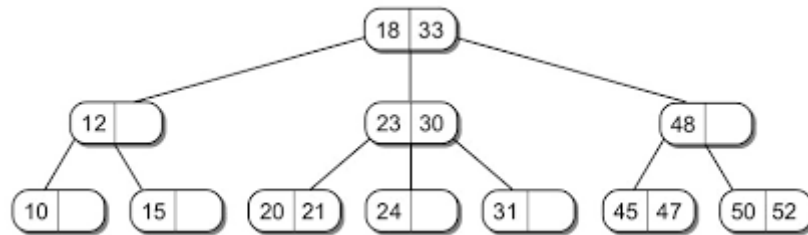
1.3. ÁRVORE B*

A árvore B* utiliza as mesmas propriedades da Árvore B, mas também busca maximizar o uso do armazenamento em cada nó. Em vez de dividir um nó cheio, ela tenta redistribuir as chaves com os nós irmãos, resultando em árvores menores e com menores distância de buscas. Esse comportamento resulta em menos acessos ao disco e menos utilização de processamento, sendo especialmente útil em bancos de dados de alto desempenho e aplicações que dependem de operações rápidas sobre grandes volumes de dados.



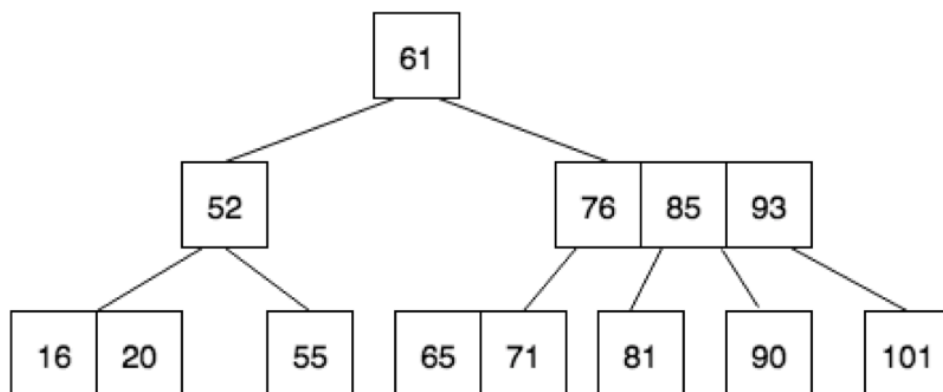
1.4. ÁRVORE 2-3

É uma estrutura mais balanceada, na qual cada nó tem 1 ou 2 chaves, e, dependendo dessa quantidade, 2 ou 3 filhos. Embora não seja a mais eficiente em termos de velocidade de busca, ela é simples e confiável, pois sua implementação já implica em um balanceamento automático. É muito útil no ensino de algoritmos e estruturas de dados, assim como em alguns compiladores, que precisam dessa infalibilidade.



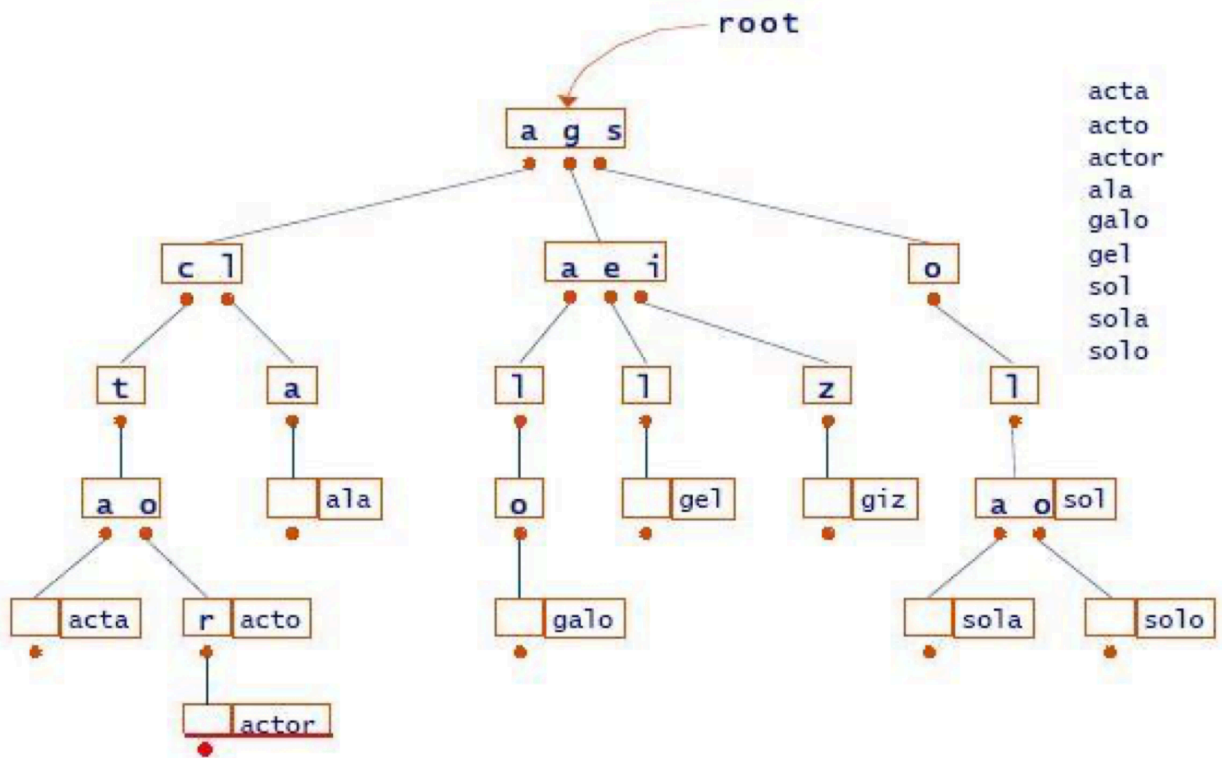
1.5. ÁRVORE 2-3-4

É uma estrutura de dados balanceada, na qual cada nó pode ter 2, 3 ou 4 filhos, dependendo do número de chaves armazenadas. Ela mantém todos os caminhos da raiz até as folhas com a mesma altura, garantindo que as operações de busca ou modificação sejam feitas em um tempo consistente, independente do tamanho da árvore. Durante a inserção, os nós podem ser divididos e as chaves promovidas para os nós pais para manter o balanceamento, enquanto na remoção, os nós podem ser fundidos ou reorganizados. A árvore 2-3-4 é uma base importante para entender árvores mais complexas, como as árvores B e B+, e é usada em sistemas que exigem alta eficiência em operações dinâmicas com grandes volumes de dados ordenados, como bancos de dados e sistemas de arquivos, bem como também no ensino dessas estruturas.



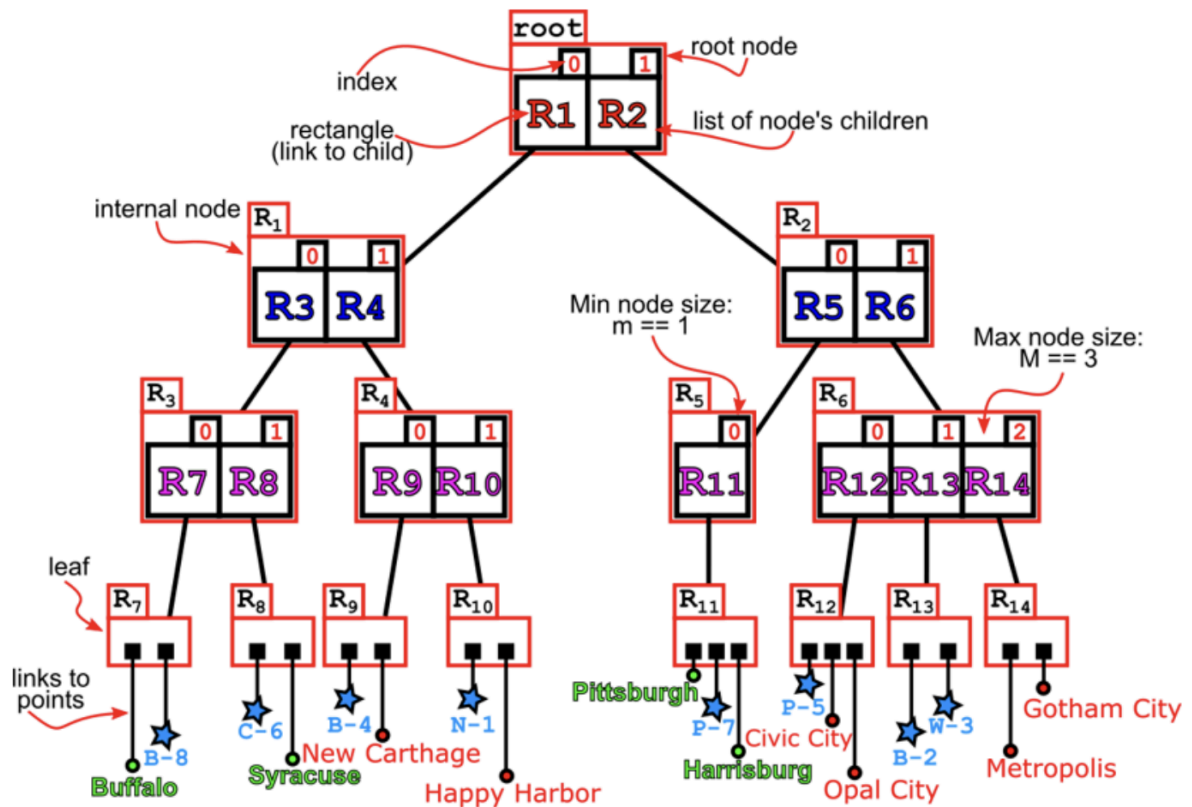
1.6. ÁRVORE TRIE

É uma estrutura muito interessante, na qual cada nó representa um único caractere, e o “caminho”, entre a raiz e as folhas formam palavras diferentes, ele é muito utilizado em corretores de texto, e interpretação de texto por computadores em geral.



1.7. ÁRVORE R

É utilizada para indexar dados multidimensionais, como formas geométricas, ou até especiais, como áreas geográficas. Cada nó representa uma área mínima, geralmente um retângulo, e com base na soma e interseção dessas áreas mínimas, também chamadas de retângulo delimitador mínimo (MBR), é possível representar objetos, ou delimitar espaços. Muito usada em softwares de mapeamento e bancos de dados espaciais.



1.8. ÁRVORE R+

É uma variação da árvore R muito mais otimizada, removendo a interseção entre nós. Tem aplicações muito parecidas, mas é preferível quando uma velocidade de acesso e uma precisão maior dos dados é necessária, principalmente lidando com mapas muito grandes.

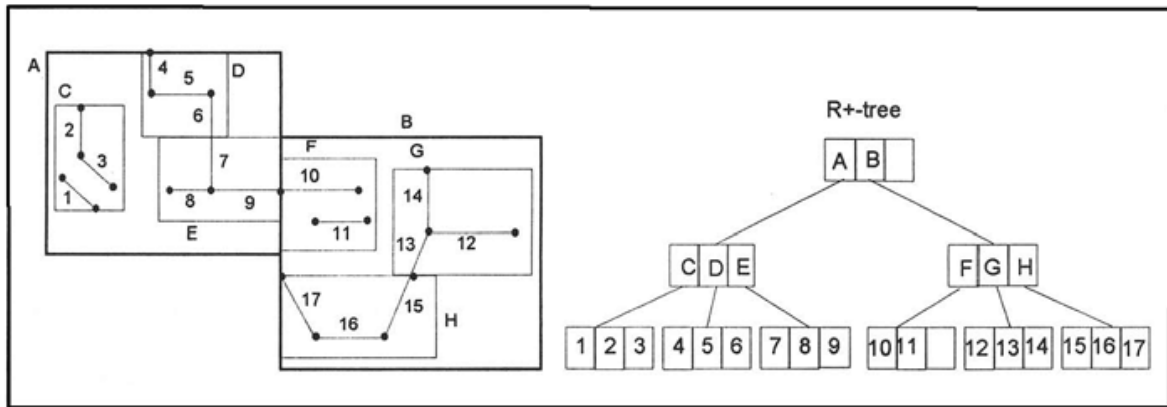
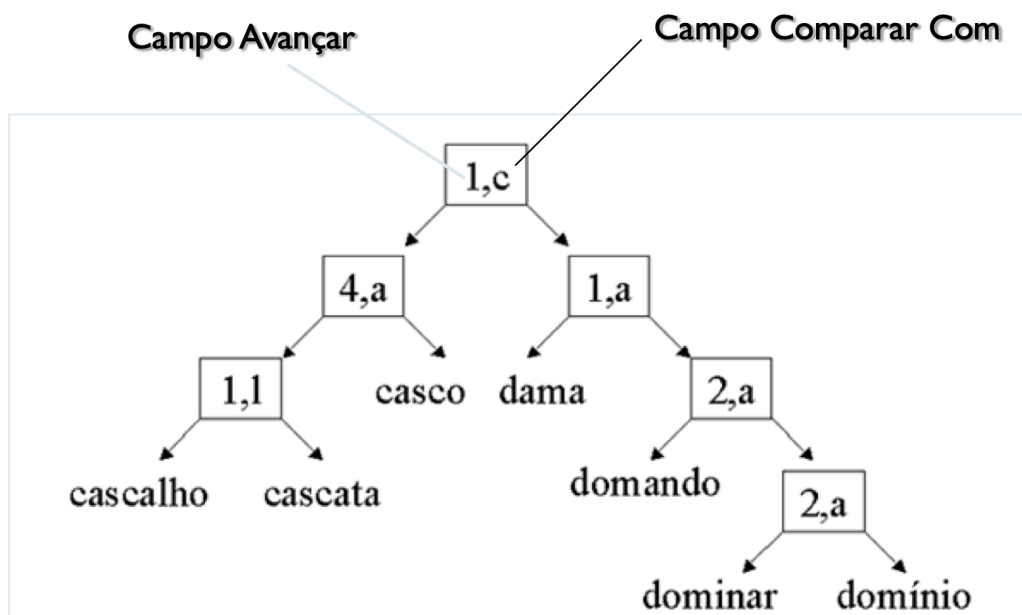


Figure 6 Line Segments and it's R⁺-tree.

1.9. ÁRVORE PATRICIA

É uma versão otimizada da Trie, na qual nós com um único filho são fundidos. Ela é bem mais rápida e é usada em vários algoritmos avançados como o protocolo CIDR, e em outras funções parecidas com a Trie, como em algoritmos para dicionários.



1.10. ÁRVORE QUAD

É similar em uso a Árvore R e R+, porém com uma rigidez muito mais focada em ambientes bidimensionais. Cada nó representa uma região dividida em quatro quadrantes. É extremamente útil na representação de imagens e áreas geográficas, sendo muito poderosa quando implementada de forma recursiva. Tem uma aplicação muito comum em jogos também. Um bom exemplo de uso é o LOD, onde certos vértices de modelos 3D só começam a ser renderizados quando a câmera chega a uma determinada distância, dessa forma usando a profundidade da árvore como o nível de detalhe a ser mostrado.

