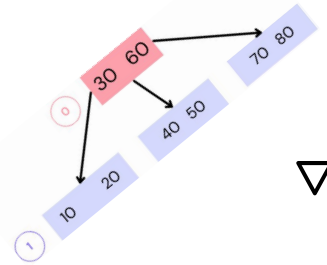


ÁRVORE B



HEITOR SAULO DANTAS SANTOS
ITOR CARLOS SOUZA QUEIROZ
CAIO ENZO MENEZES MACHADO DOS SANTOS
RÔMULO MENEZES DE SANTANA

ÍNDICE



01

HISTÓRIA E
CONTEXTO

02

ESTRUTURA
BÁSICA DE UMA
ÁRVORE B

03

BUSCA

04

BALANCEAMENTO

05

INSERÇÃO

06

REMOÇÃO

07

COMPLEXIDADE

08

APLICAÇÕES

09


IMPLEMENTAÇÃO



01

HISTÓRIA E CONTEXTO DE CRIAÇÃO

• • • HISTÓRIA E CONTEXTO DE CRIAÇÃO

- Inventada por Rudolf Bayer e Edward Meyers McCreight 
- Por que o nome “B-tree”?
- Motivação da criação

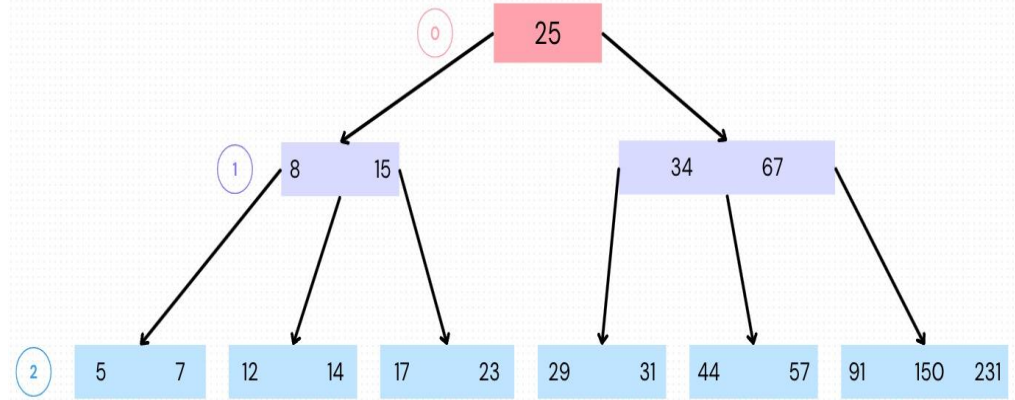


02

ESTRUTURA BÁSICA DE UMA ÁRVORE B

ESTRUTURA DA ÁRVORE B

- Raiz
- Nós internos
- Folhas
- Ponteiros



ESTRUTURA DA ÁRVORE B

Para uma Árvore B de ordem m :



1.

Cada nó deve ter pelo menos dois filhos, a menos que seja uma folha, e no máximo m filhos



2.

Cada nó comporta pelo menos $(m/2)-1$ valores – para grau par – e $(m-1)/2$ valores – para grau ímpar. Além disso, comportam $m-1$ valores no máximo



3.

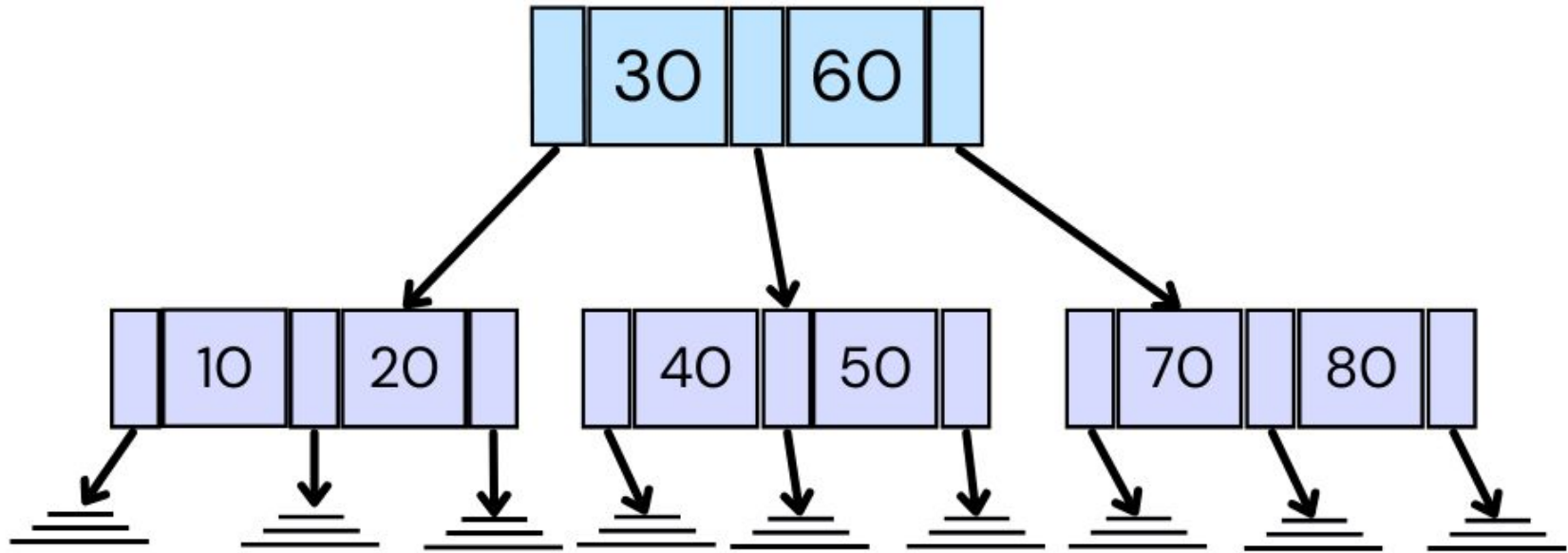
A raiz pode ter um único valor



4.

Todas as folhas devem estar no mesmo nível

ESTRUTURA DA ÁRVORE B





03

BALANCEAMENTO

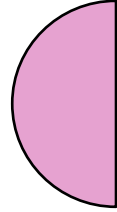
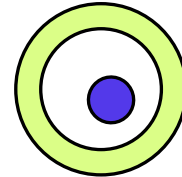
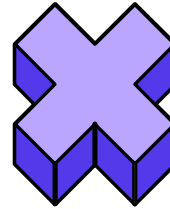


BALANCEAMENTO

- Qual a importância do balanceamento?
- Divisão e Fusão de Nós

BALANCEAMENTO

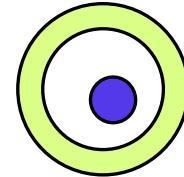
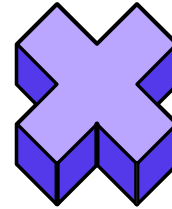
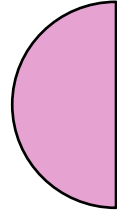
- ◆ ● Qual a importância do balanceamento?
 - a. Eficiência de Busca
 - b. Desempenho de Inserção e Exclusão
 - c. Redução de Fragmentação



BALANCEAMENTO



- Divisão e Fusão de Nós:
 - a. Balanceamento na inserção
 - b. Balanceamento na remoção



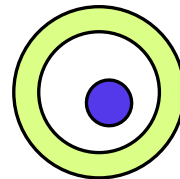
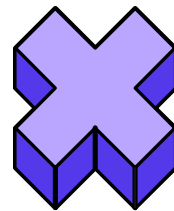


04

BUSCA

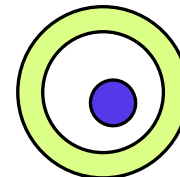
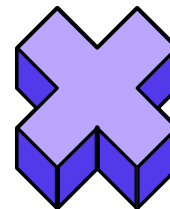
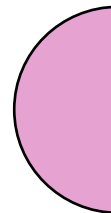
BUSCA

- Como funciona a busca em uma árvore B?
- Qual critério é utilizado para a navegação na estrutura?
- Como a ordem das chaves em uma árvore B impacta diretamente o processo de busca?



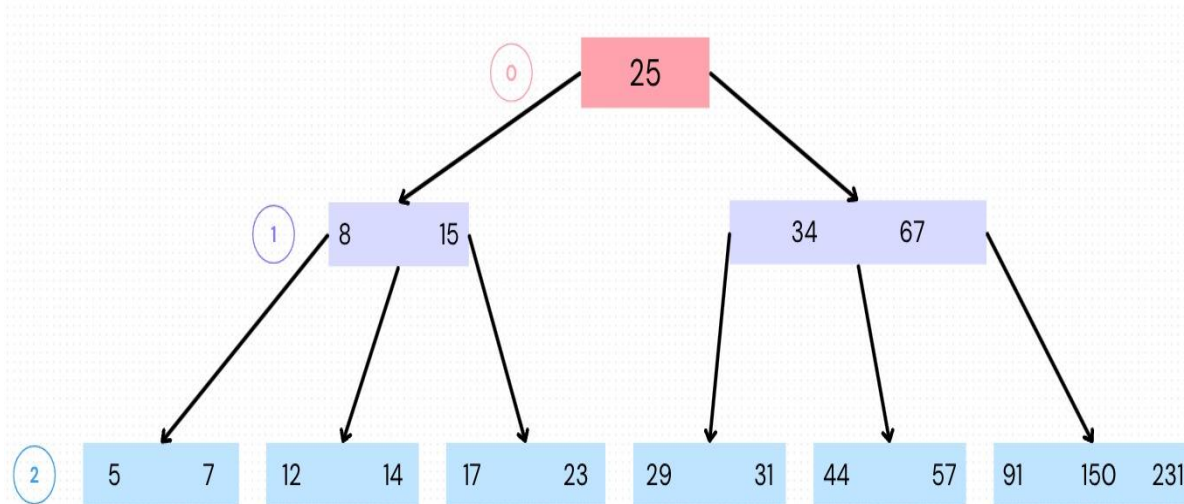
BUSCA

- ◆ ● Como funciona a busca em uma árvore B?
 - a. Comece a busca na raiz da árvore B em questão
 - b. Compare o valor que deseja buscar com a chave
 - c. Caso a chave esteja na raiz, a busca é bem sucedida
 - d. Se a chave desejada for menor que a do nó atual, siga para o filho à esquerda
 - e. Se a chave desejada for maior que a do nó atual, siga para o filho à direita
 - f. Repita os passos a-e até encontrar o nó correto
 - g. Caso chega até o último possível significa que o elemento não está presente na árvore



BUSCA

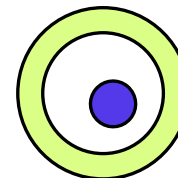
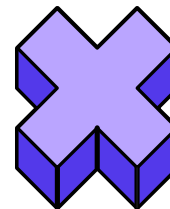
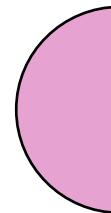
- Simulação de busca de uma Árvore B:



BUSCA

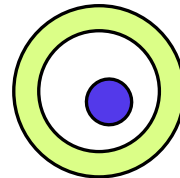
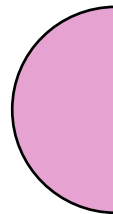
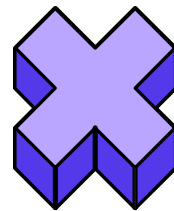


- Qual critério é utilizado para navegação na estrutura?
 - a. Comparação de chave
 - b. Navegação para a Subárvore apropriada:
 - Se a chave que está procurando estiver no nó atual, a busca termina
 - Se a chave for menor que a que está sendo procurada, é realizada uma navegação para o filho a esquerda
 - Se a chave for maior que a que está sendo procurada, é realizada uma navegação para o filho a direita
 - c. Repetição do processo
 - d. Busca concluída: busca concluída ao encontrar a chave buscada ou chegar a um nó folha onde a chave não está presente



BUSCA

- Como a ordem das chaves em uma árvore B impacta diretamente no processo de busca?
 - a. Busca binária eficiente
 - b. Menos níveis na Árvore
 - c. Aproveitamento eficiente do espaço
 - d. Melhor desempenho em consultas alternadas



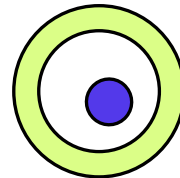
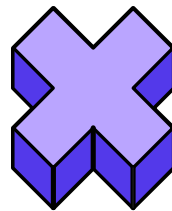
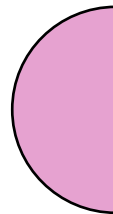


05

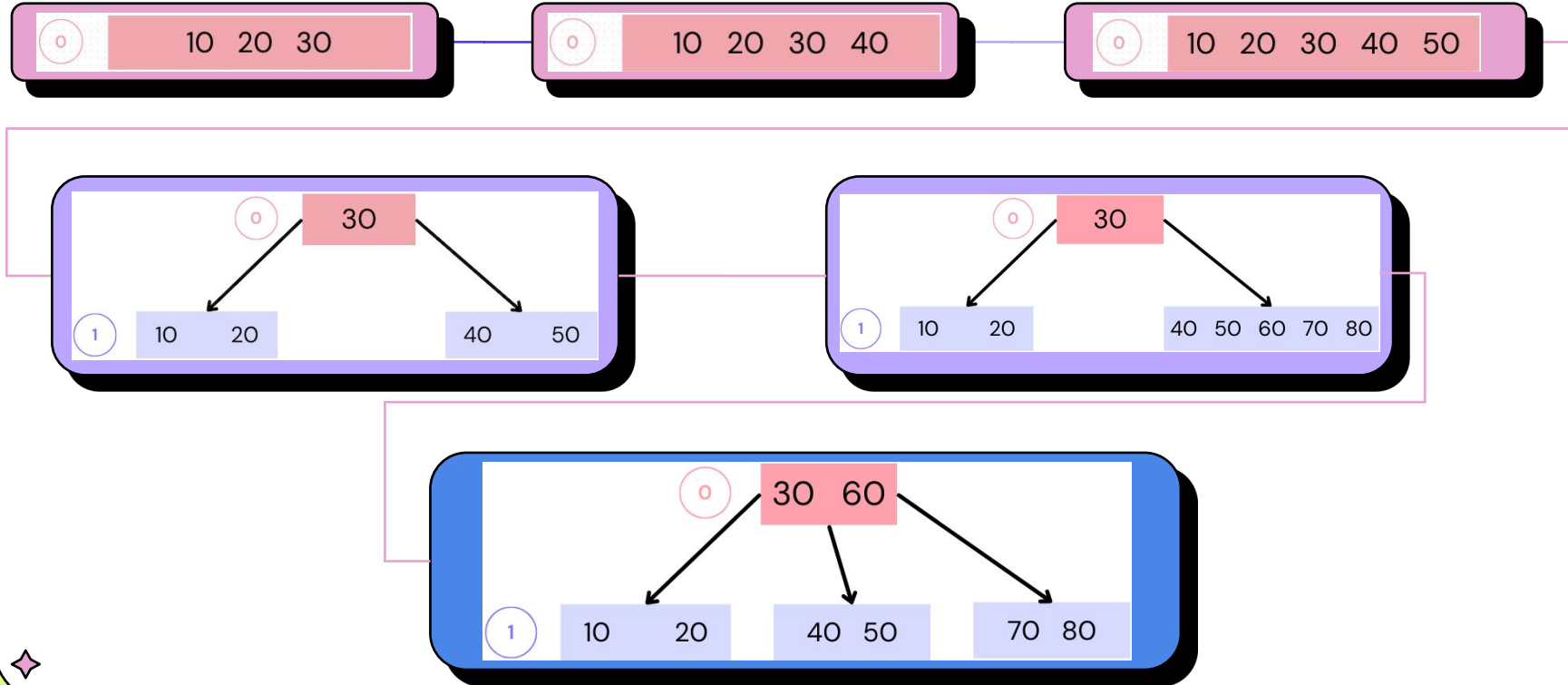
INSERÇÃO

INSERÇÃO

- Executar o algoritmo de busca
- Se a chave está no nó retornado pela busca, a inserção é inválida
- Se a chave não está na árvore, a inserção é válida
- As chaves sempre são inseridas nas folhas. Por quê?
- Página cheia: particionamento



INSERÇÃO





06

REMOÇÃO



REMOÇÃO

Regras:

- Deve garantir as propriedades durante a remoção de chaves
- Divide-se em 6 casos principais



REMOÇÃO

Caso 1

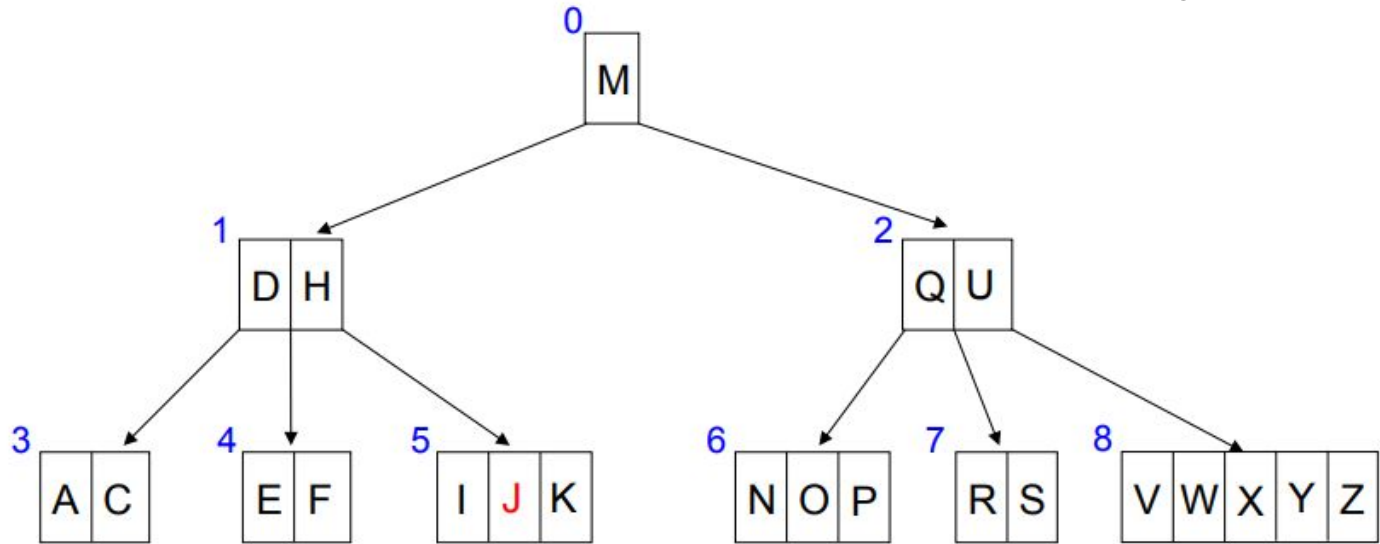
Remoção de uma chave em um nó folha sem causar underflow

ocorre quando o número de chaves em uma página fica abaixo do número mínimo de chaves permitido pela árvore-B

Solução: Eliminar a chave da página -> rearranjar as chaves remanescentes dentro da página para fechar o espaço liberado

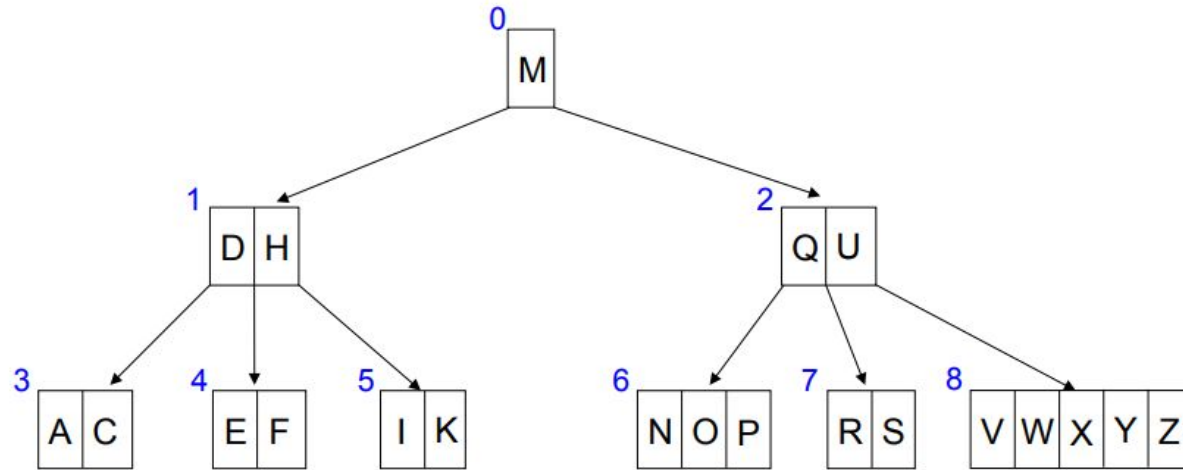
REMOÇÃO - CASO 1

Remoção de J



REMOÇÃO - CASO 1

Página 5 garante a taxa de ocupação



• cada página, exceto a raiz e as folhas, possui no mínimo $\lceil m/2 \rceil$ descendentes à taxa de ocupação

M é a quantidade de chaves por página




REMOÇÃO - CASO 2

Caso 2

Remoção de uma chave em um nó
não folha

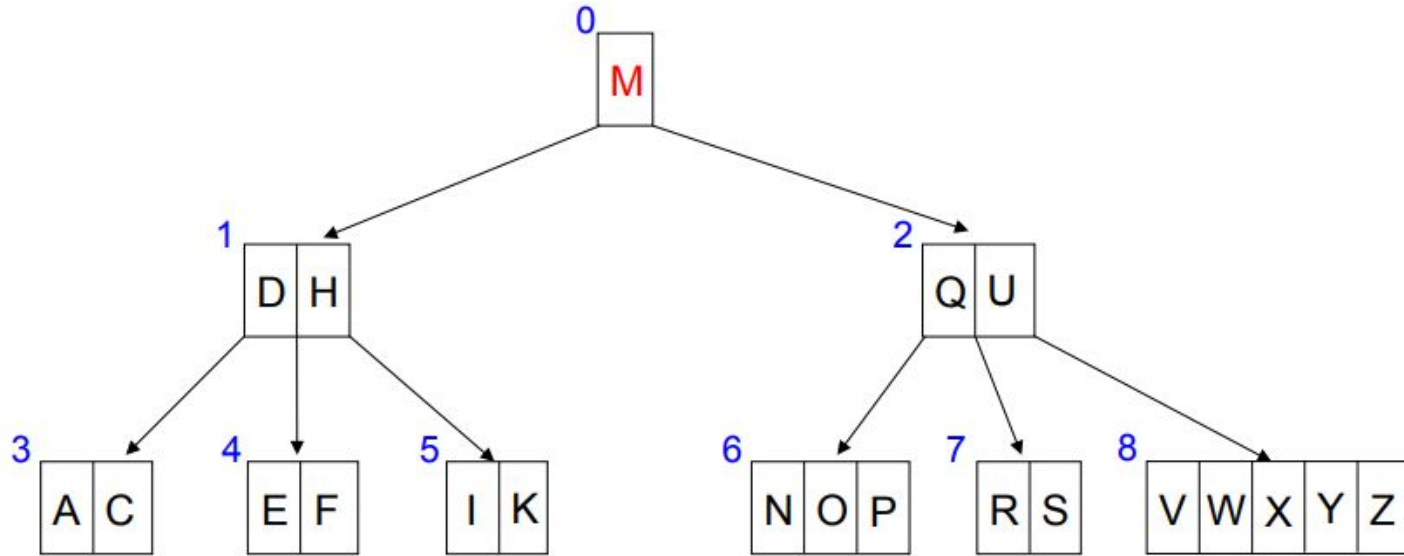
Passos: Trocar a chave a ser removida com a sua sucessora imediata (que está em um nó folha) -> remover a chave diretamente do nó folha

Solução: Sempre remover chaves somente nas folhas



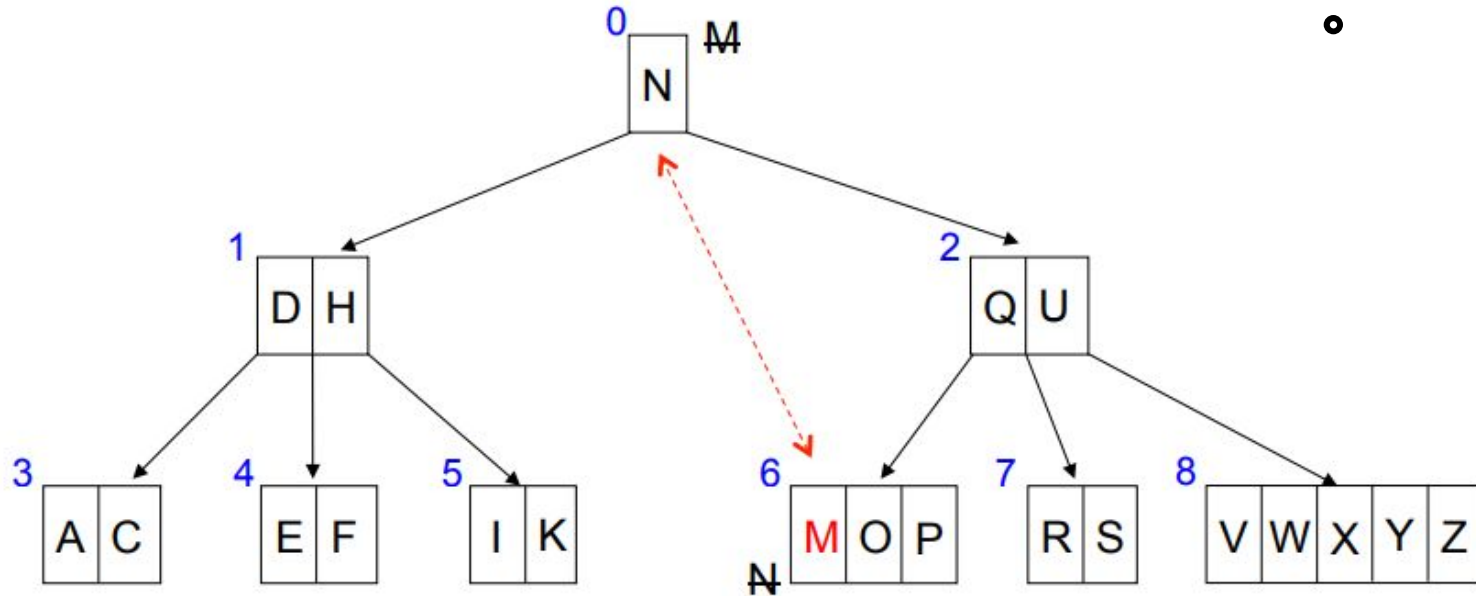
REMOÇÃO - CASO 1

Remoção de M



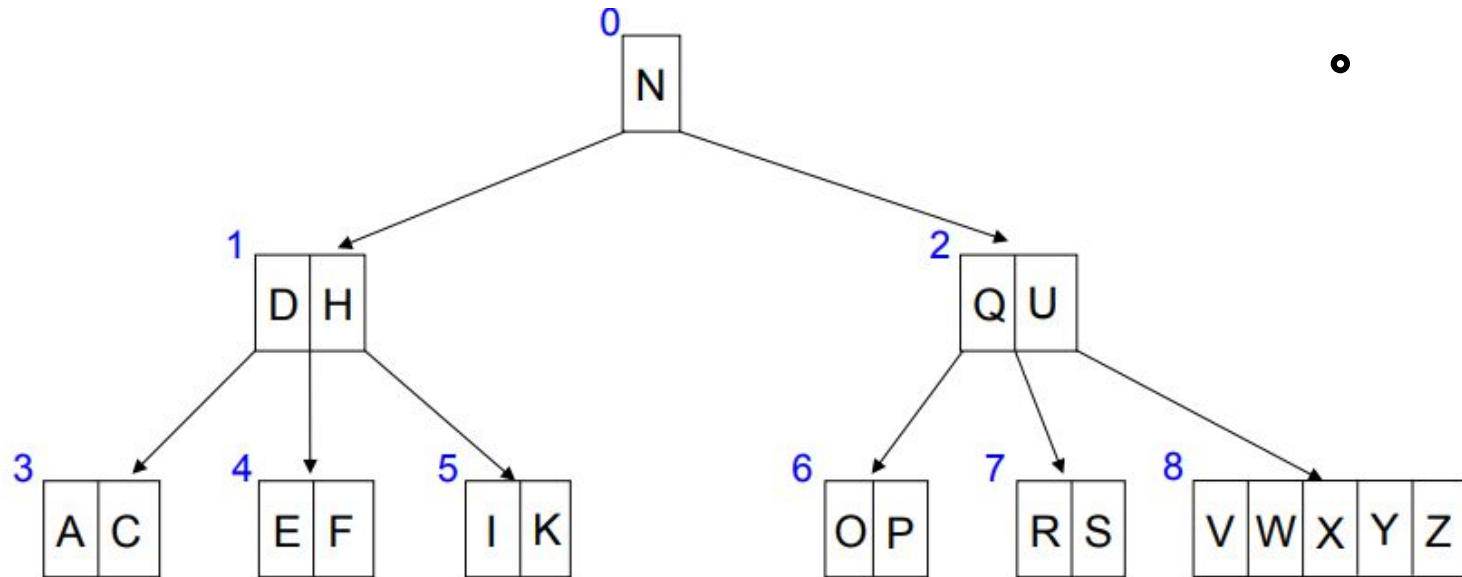
REMOÇÃO - CASO 1

Troca-se M com N



REMOÇÃO - CASO 1

Elimina-se M, a página 6 garante a taxa de ocupação






REMOÇÃO - CASO 3

Caso 3

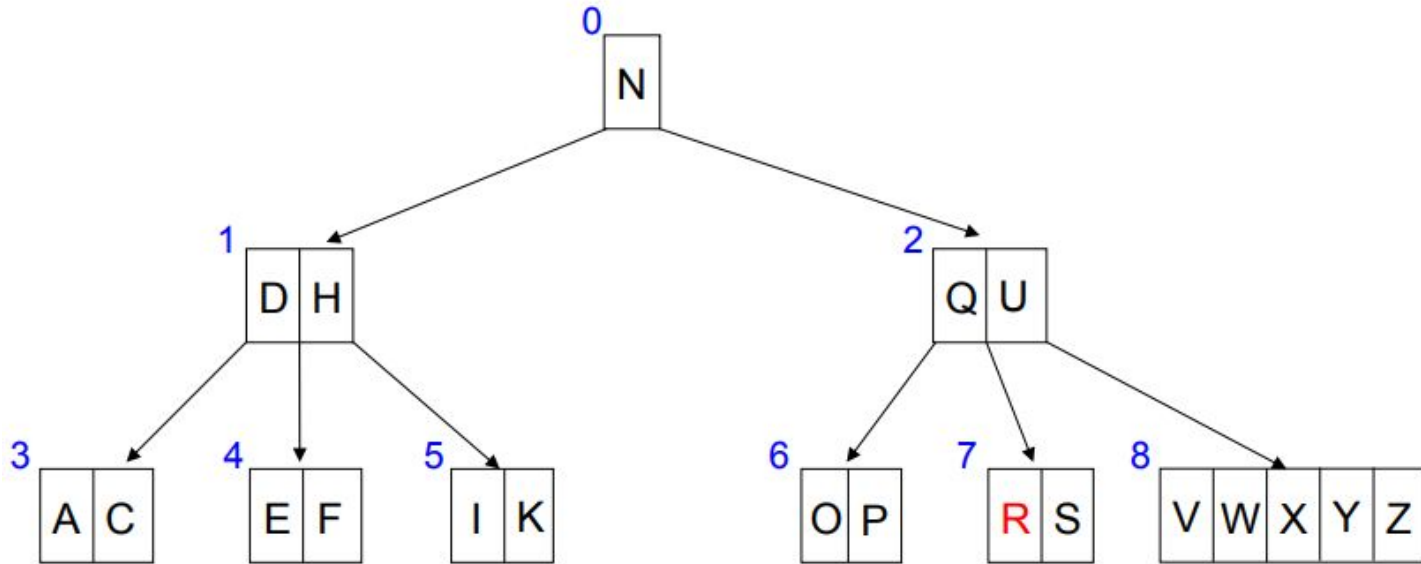
Remoção de uma chave em um nó,
causando underflow

Solução: Redistribuição - Procurar uma página irmã (i.e., que possui o mesmo pai) adjacente e que contenha mais chaves que o mínimo. Caso ela exista: redistribuir as chaves entre as páginas e reacomodar a chave separadora, modificando o conteúdo no nó pai



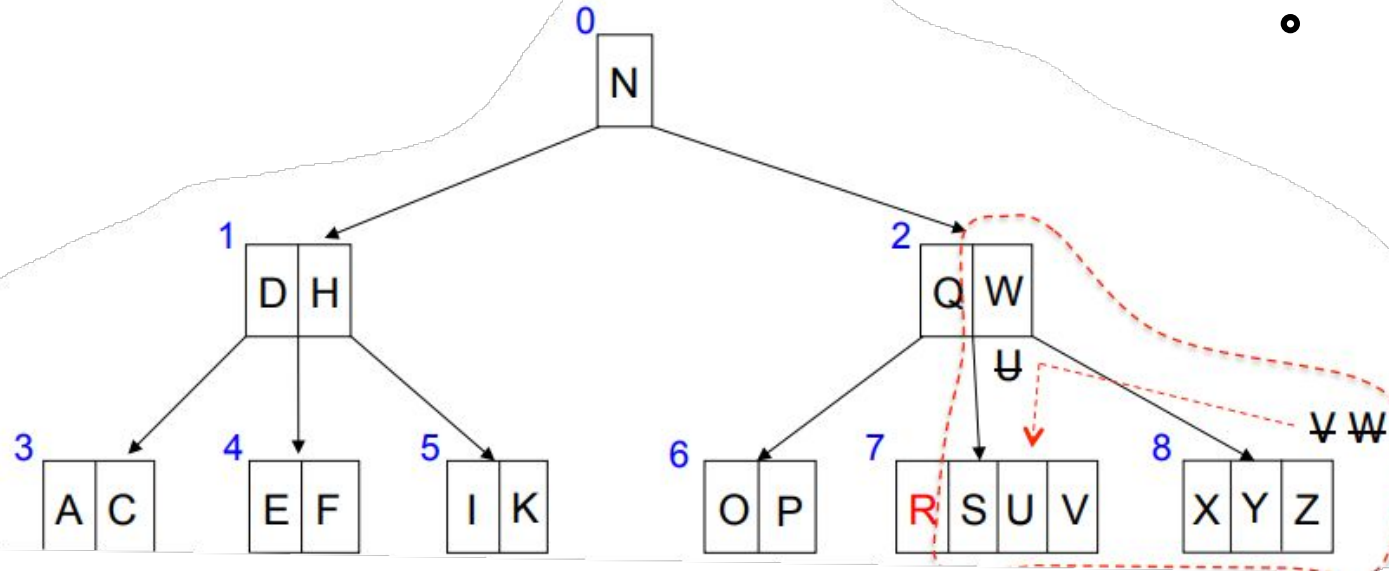
REMOÇÃO - CASO 3

Remoção de R



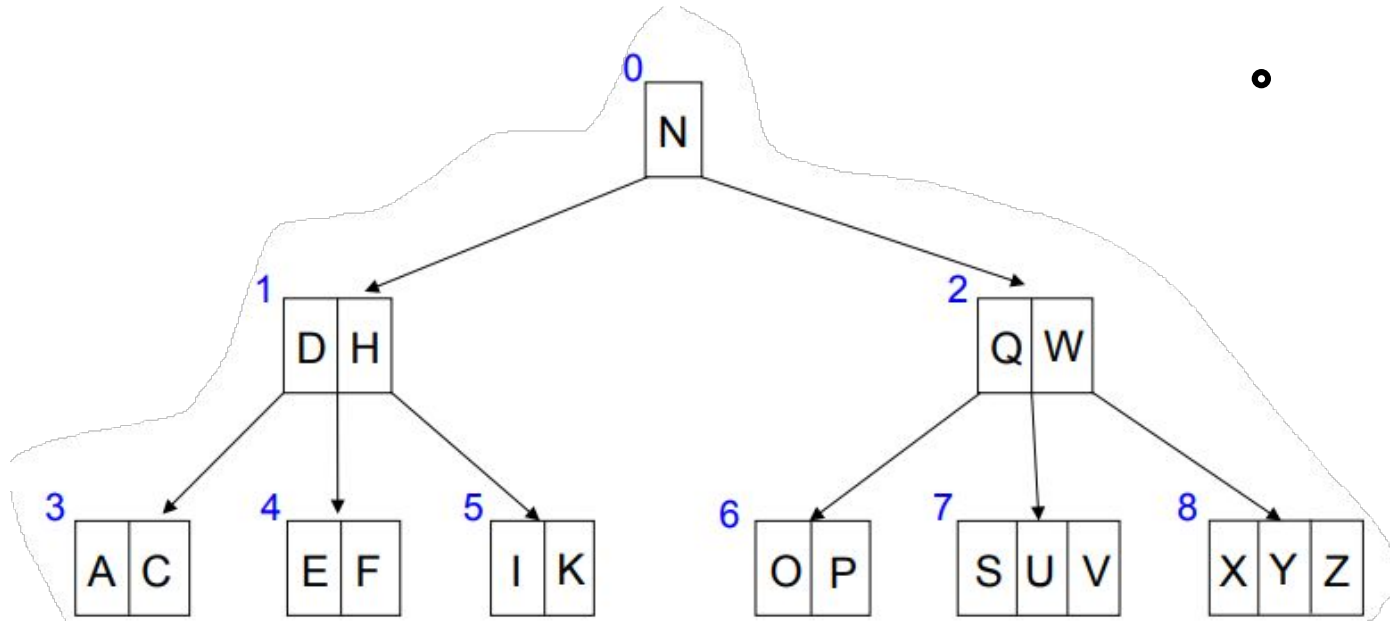
REMOÇÃO - CASO 3

Para evitar underflow na página 7, redistribui-se as chaves entre as páginas 7 e 8 por meio da página 2



REMOÇÃO - CASO 3

Remoção de R, páginas 7 e 8 garantem a taxa de ocupação



REMOÇÃO - CASO 4

Caso 4

Remoção de uma chave em um nó, causando underflow e a redistribuição não pode ser aplicada

Solução: Concatenação – combinar para formar uma nova página

- o conteúdo do nó que sofreu underflow
- o conteúdo de um nó irmão adjacente
- a chave separadora no nó pai
- tratar o underflow no nó pai, caso necessário

Concatenação:

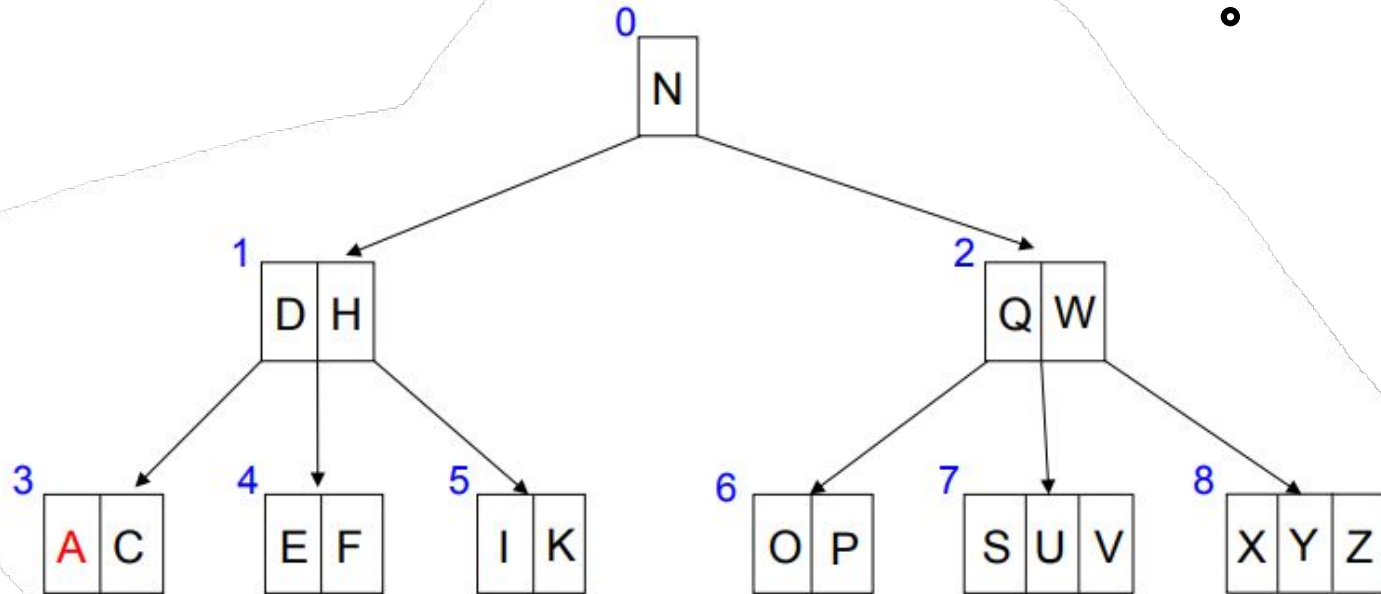
Processo inverso ao split

- reverte a promoção de uma chave
- pode causar underflow no nó pai
- > concatenação pode ser propagada em direção ao nó raiz

#ocorre a redução no número total de nós da árvore

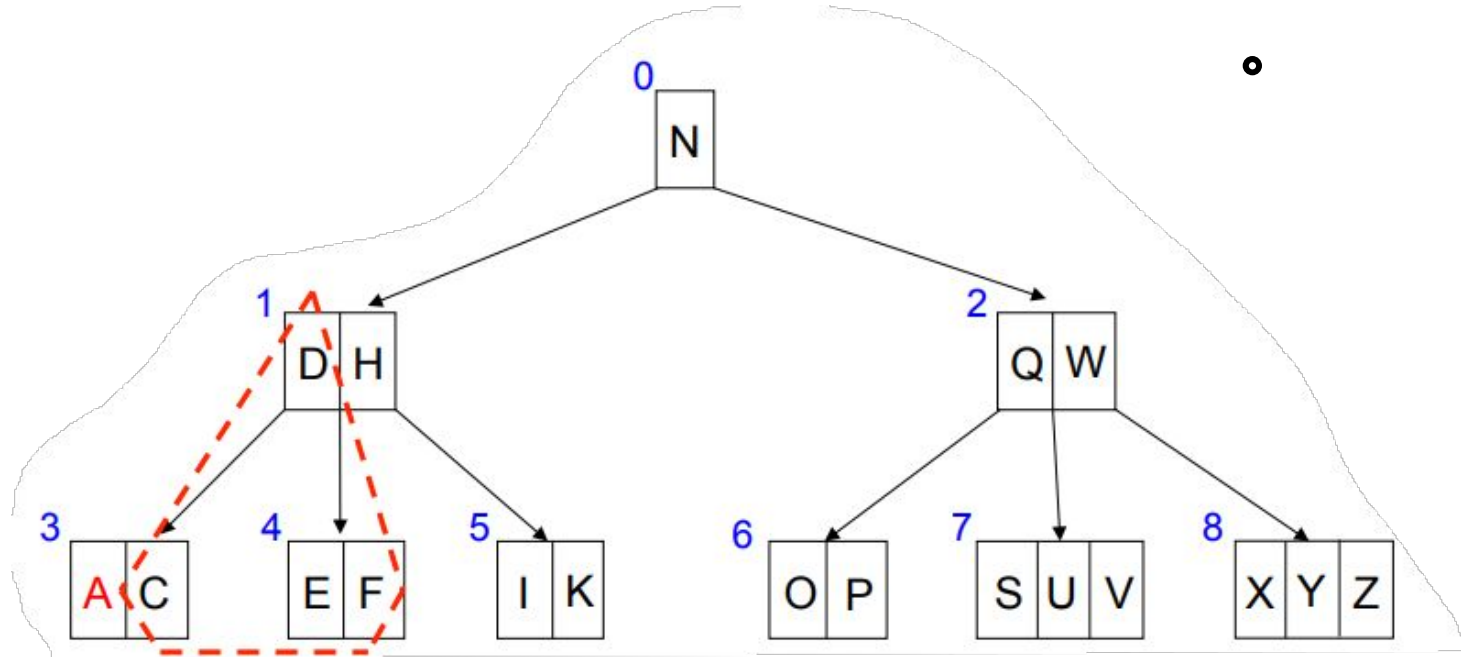
REMOÇÃO - CASO 4

Remoção de A



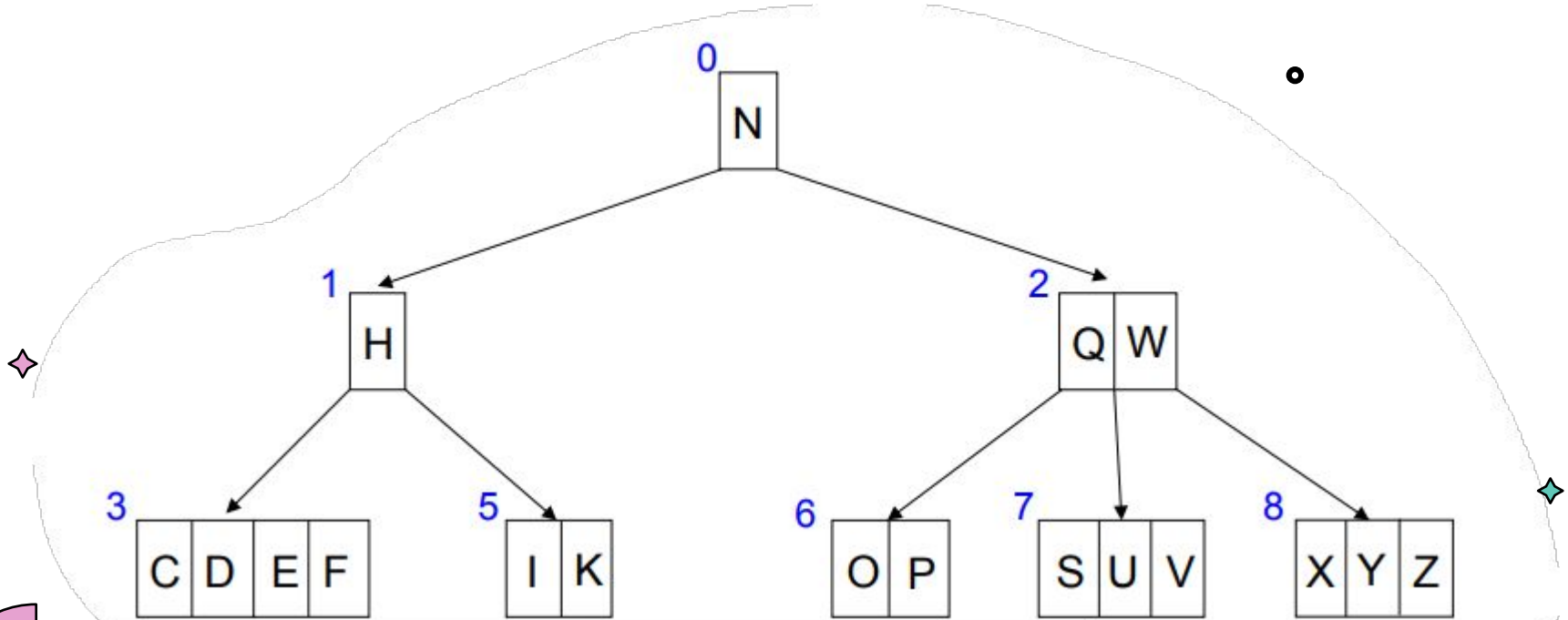
REMOÇÃO - CASO 4

Concatena-se as páginas 3 e 4 por meio da página 1



REMOÇÃO - CASO 4

Gera-se underflow na página 1, o qual precisa ser tratado







REMOÇÃO - CASO 5

Caso 5

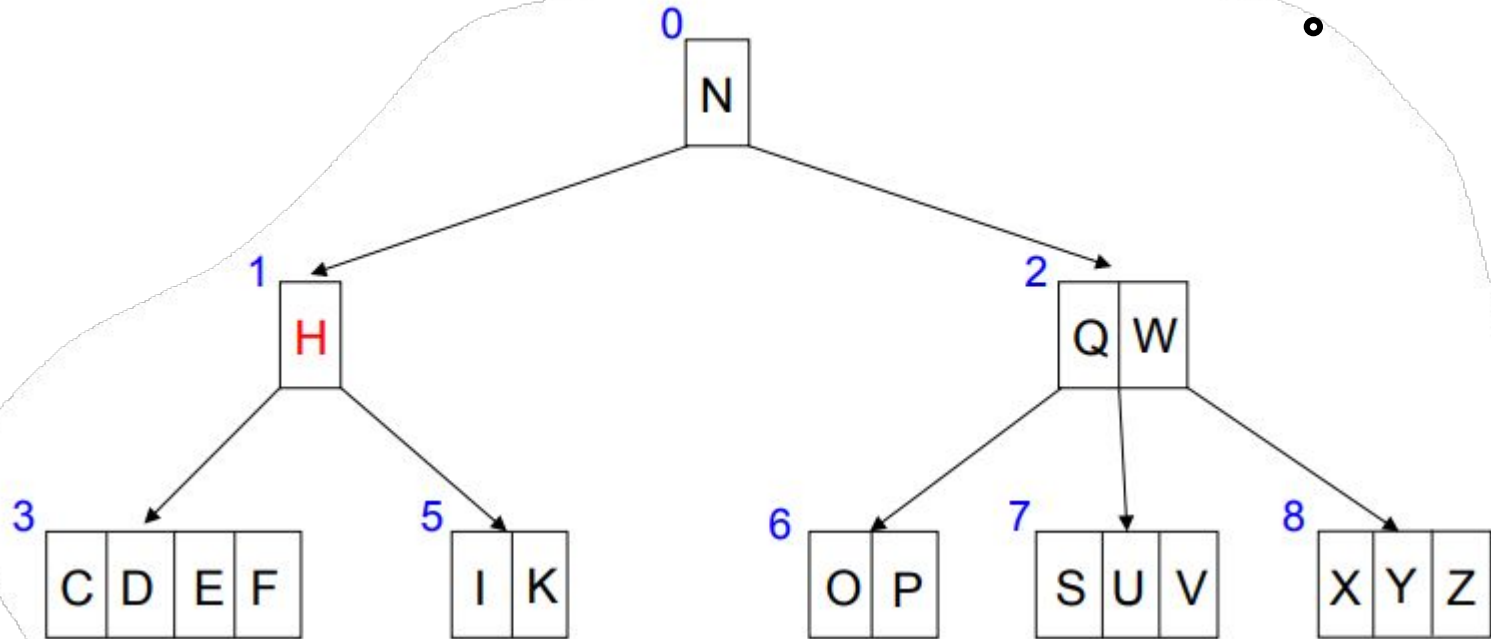
Underflow no nó pai causado pela remoção de uma chave em um nó filho

Solução: utilizar redistribuição ou concatenação, dependendo da quantidade de chaves que a página irmã adjacente contém



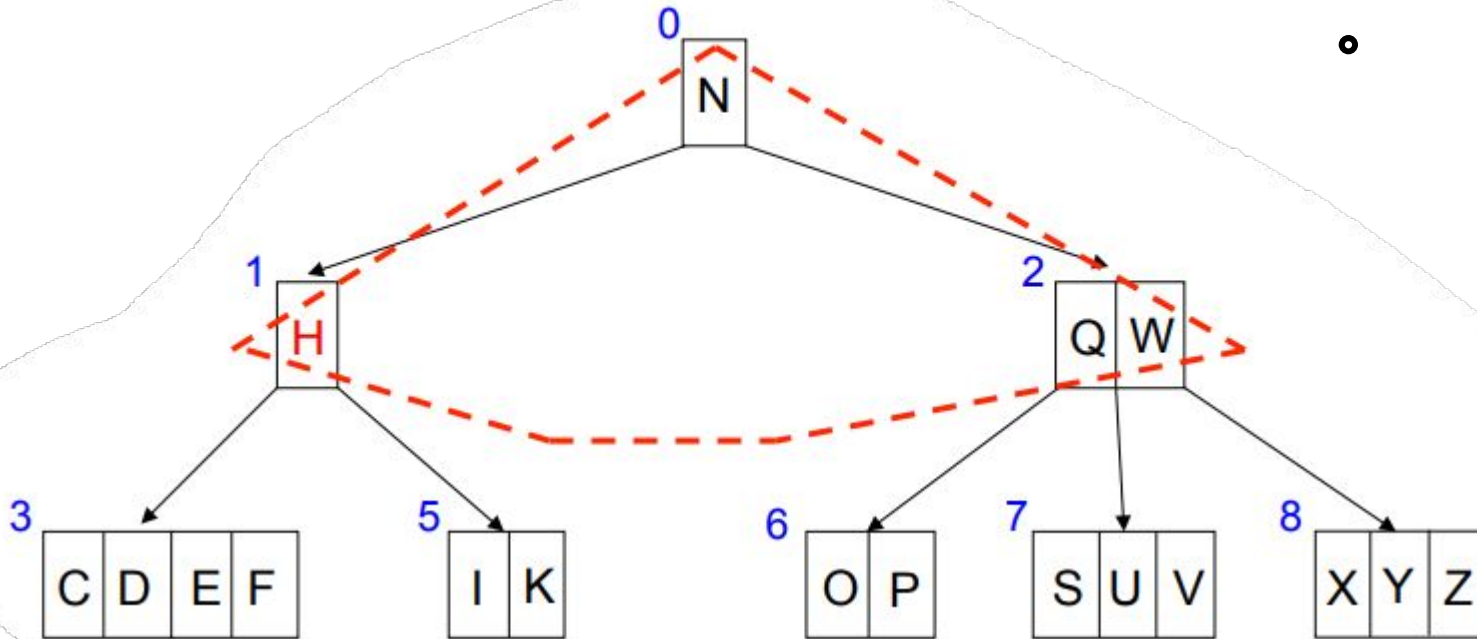
REMOÇÃO - CASO 5

Propagação do underflow



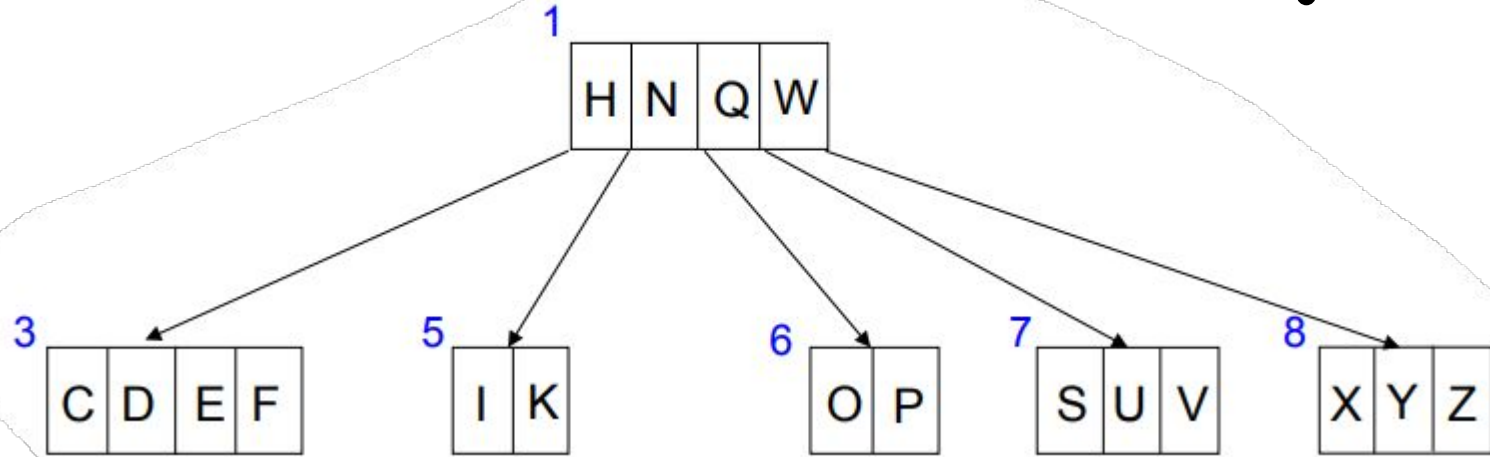
REMOÇÃO - CASO 5

Concatena-se as páginas 1 e 2 por meio da página 0



REMOÇÃO - CASO 5

Propagação do underflow



REMOÇÃO - CASO 6

Caso 6

Redução da altura da árvore



Característica

- o nó raiz possui uma única chave
- a chave é absorvida pela concatenação de seus nós filhos

Solução: eliminar a raiz antiga – tornar no nó resultante da concatenação dos nós filhos a nova raiz da árvore





REMOÇÃO - CASO 6

1. se a chave a ser removida **não** estiver em um nó folha, **troque-a** com sua sucessora imediata, que está em um nó folha
2. **remova** a chave
3. após a remoção, se o nó satisfaz o número mínimo de chaves, nenhuma ação adicional é requerida
4. após a remoção, caso ocorra **underflow**, verifique o número de chaves nos nós irmãos adjacentes à esquerda e à direita
 - a. se algum nó irmão adjacente possui mais do que o número mínimo de chaves, aplique a **redistribuição**
 - b. se nenhum nó irmão adjacente possui mais do que o número mínimo de chaves, aplique a **concatenação**
5. se ocorreu **concatenação**, repita os passos 3 a 5 para o nó pai
6. se a última chave da raiz for removida, a altura da árvore é **diminuída**





07

COMPLEXIDADE



COMPLEXIDADE

OPERAÇÃO	COMPLEXIDADE DE TEMPO
Busca	$O(\log n)$
Inserção	$O(\log n)$
Remoção	$O(\log n)$



08

APLICAÇÕES

APLICAÇÕES

Banco de dados (DBMS)

Apple, Oracle, Microsoft, IBM, Amazon Web Services (AWS), Google, Meta, Netflix, Uber e mais empresas



APLICAÇÕES

**A importância
da árvore B se
encontra nos
GRANDES
PROCESSOS.**





Vantagens

Eficiência na busca

Balanceamento automático

Tamanho fixo do nó

Adequada para armazenamento em disco

Desvantagens

Complexidade de implementação

Ineficiência em memória principal

Desempenho relativo

Dificuldade na manutenção





09

IMPLEMENTAÇÃO

REFERÊNCIAS

DROZDEK, Adam. Data Structures and Algorithms in C++. Quarta edição. Boston, MA: Cengage Learning, 2012.

Introduction of B Tree. Disponível em: <<https://www.geeksforgeeks.org/introduction-of-b-tree-2/>>. Acesso em: 19 set. 2023.

PAULO FEOFILOFF. Árvores B (B-trees) para implementação de tabelas de símbolos. Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~pf/estruturas-de-dados/aulas/B-trees.html>>. Acesso em: 19 set. 2023.

DROZDEK, Adam. Data Structures and Algorithms in C++. Quarta edição. Boston, MA: Cengage Learning, 2012.

B-Tree: O que é? Para que serve? Cenários de Uso? Por que aprender? - Clube de Estudos com Elemar JR. Disponível em: <<https://elemarjr.com/clube-de-estudos/licoes/b-tree/>>. Acesso em: 19 set. 2023.

GUPTA, V. B-Tree : Searching and Insertion. Disponível em: <<https://iq.opengenus.org/b-tree-searching-insertion/>>. Acesso em: 19 set. 2023.

REFERÊNCIAS

DUTRA DE AGUIAR, C.; THIAGO, C.; PARDO, A. Árvores-B: Remoção. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://wiki.icmc.usp.br/images/b/bf/SCC0215012014p5arvoreBremocao.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2023.

What is Database Management System (DMBS) | IGI Global. Disponível em: <<https://www.igi-global.com/dictionary/database-benchmarks/35655>>. Acesso em: 19 set. 2023.

Without a title - Title. Disponível em: <[https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/estruturas/Estruturas.GerArq-2.html#:~:text=%C3%81rvores-B%20\(Bayer%20MCCreight%201972\),consequinte%20menos%20acessos%20a%20disc](https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/estruturas/Estruturas.GerArq-2.html#:~:text=%C3%81rvores-B%20(Bayer%20MCCreight%201972),consequinte%20menos%20acessos%20a%20disc)>. Acesso em: 19 set. 2023.

Diferença entre árvore B e árvore binária. Disponível em: <<https://pt.gadget-info.com/difference-between-b-tree>>. Acesso em: 19 set. 2023.

Qual é a diferença entre uma árvore binária e uma árvore binária completa? Disponível em: <<https://pt.quora.com/Qual-%C3%A9-a-diferen%C3%A7a-entre-uma-%C3%A1rvore-bin%C3%A1ria-e-uma-%C3%A1rvore-bin%C3%A1ria-completa>>. Acesso em: 19 set. 2023.



OBRIGADO!

ALGUMA PERGUNTA?