

Árvores B – Parte II

Construção Bottom-Up

Adaptado dos Originais de:

Ricardo J. G. B. Campello
 Thiago A. S. Pardo
 Cristina D. A. Ciferri
 Leandro C. Cintra
 Maria Cristina F. de Oliveira

Árvores B

- Características
 - paginadas
 - balanceadas
 - bottom-up para a criação
 - nós folhas → nó raiz
- Inovação
 - não é necessário construir a árvore a partir da raiz, como é feito para ABBs e AVLs

2

Construção Bottom-Up

Conseqüências

- não mais se aloca chaves inadequadas na raiz
 - chaves na raiz da árvore “emergem” naturalmente
- não é mais necessário tratar o problema de desbalanceamento após este ocorrer
 - como rebalancear uma árvore paginada não é mais uma questão a resolver *a posteriori*
 - balanceamento ocorre naturalmente

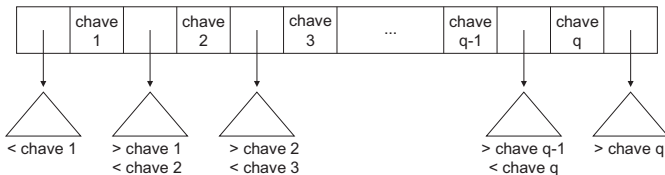
3

Características

- Nó = Página em Disco:
 - Contém uma seqüência de itens ordenados por chave
 - item = registro convencional = (chave, demais informações); **OU**
 - item = registro de índice = (chave, endereço)
 - endereço = RRN ou byte offset do registro no arquivo principal
 - itens de tamanho fixo → páginas com no. fixo de itens
 - Contém um conjunto de ponteiros
 - número de ponteiros = número de chaves + 1
 - Não é internamente encadeado como uma árvore
 - página contém uma lista ordenada seqüencial

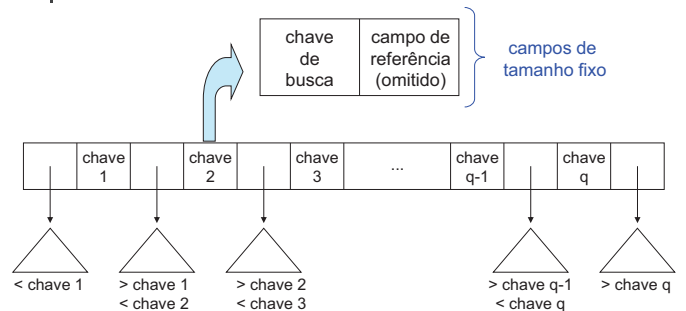
4

Estrutura Lógica de um Nó



5

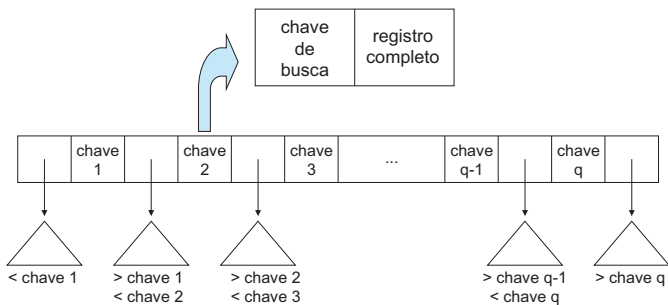
Nó com Registros de Índice



Note que q é fixo: configuração adotada na maior parte das discussões subsequentes

6

Nó com Registros de Informação



Note que q pode ser variável (se registro for de tamanho variável) ...

7

Características

Ordem:

- No. máx. de ponteiros que podem ser armazenados em um nó
- Exemplo: árvore B de ordem 8
 - máximo de 7 chaves e 8 ponteiros

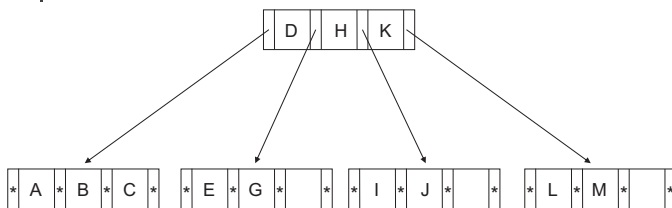


Observações

- No. máx. de ponteiros = no. máx. de descendentes de um nó
- nós folhas não possuem filhos, e seus ponteiros são nulos

8

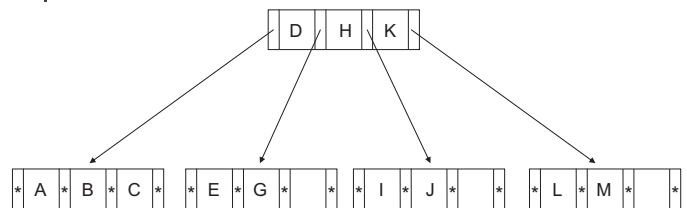
Exemplo de Árvore B (ordem 4)



Por simplicidade, ao longo das discussões subseqüentes destacaremos apenas as chaves dos itens, assim como no exemplo acima

9

Exemplo de Árvore B (ordem 4)



Ponteiros:

- Nós folha (*): -1 ou fim de lista (NIL)
- Nós internos: RRN do nó descendente ou -1 se este não existe

10

Inserção de Itens

Característica:

- sempre realizada nos nós folha**

Situações a Serem Analisadas:

- árvore vazia (situação inicial)
- overflow no nó raiz
- inserção nos nós folhas
 - sem overflow
 - com overflow

11

Inserção: Situação Inicial

Criação e Preenchimento do 1º Nó:

- 1ª chave (árvore vazia): criação do nó raiz
- demais chaves: inserção até capacidade do nó
 - raiz como nó folha

Exemplo:

- nó com capacidade para 7 chaves
- chaves: letras do alfabeto

12

Inserção: Situação Inicial

Exemplo (cont.):

* A * B * C * D * E * F * G *

Chaves B C G E F D A

- inseridas desordenadamente
- mantidas ordenadas internamente ao nó
 - a cada chave, página é lida, reordenada em RAM e reescrita

Ponteiros (*)

- 1 ou fim de lista (NIL)
- nó raiz = nó folha

13

Inserção: Overflow Na Raiz

Passo 1 – Particionamento do Nó (Split)

- nó original → nó original + novo nó
 - split "1-to-2" ou "two-way"
- chaves são distribuídas uniformemente nos nós
 - chaves do nó original + nova chave

Exemplo: Inserção de J

* A * B * C * D * * * *

* E * F * G * J * * * *

14

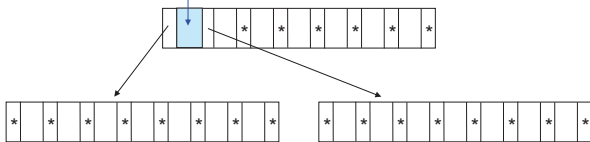
Inserção: Overflow Na Raiz

Passo 2 – Criação de uma Nova Raiz

- existência de um nível mais alto na árvore permite a escolha da chave separadora

Exemplo:

qual deve ser a chave separadora?



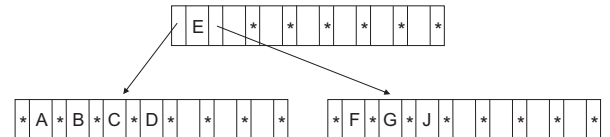
15

Inserção: Overflow Na Raiz

Passo 3 – Promoção de Chave

- primeira chave do novo nó resultante do split é promovida para o nó raiz

Exemplo:



16

Inserção: Nós Folhas

Passo 1 – Pesquisa

- árvore é percorrida até encontrar o nó folha no qual a nova chave será inserida
- página correspondente é lida em RAM

Passo 2 – Inserção em Nó com Espaço

- chave é inserida
- página é reordenada e reescrita

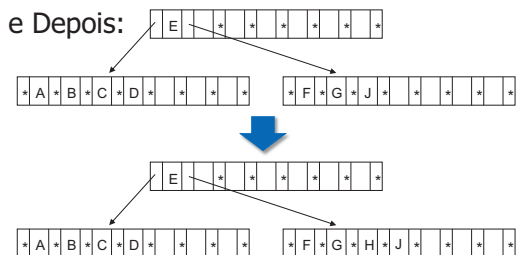
17

Inserção: Nós Folhas

Inserção em Nó com Espaço (Exemplo):

- Inserção da chave H

Antes e Depois:



18

Inserção: Nós Folhas

Passo 2 – Inserção em Nó Cheio (Overflow)

- **Particionamento (split):**
 - criação de um novo nó folha
 - nó original → nó original + novo nó
 - distribuição uniforme das chaves nos dois nós
- **Promoção:**
 - 1a chave do novo nó promovida a chave separadora no nó pai
 - reordenação e ajuste do nó pai para apontar para o novo nó
 - eventual propagação de overflow...

19

Exemplo

- Insira as seguintes chaves em um árvore B:
 - C S D T A M P I B W N G U R K E H O L J Y Q Z F X V
- Ordem da árvore B: 4
 - em cada nó (página de disco)
 - número de chaves: 3
 - número de ponteiros: 4

20

C S D T A M ...

1 – Inserção de C, S, D

- criação do nó raiz

C
 C S
 C D S



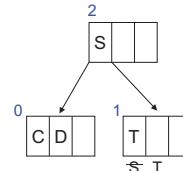
21

C S D T A M ...

2 – Inserção de T

- nó raiz cheio

- split do nó
- criação de uma nova raiz
- promoção de S

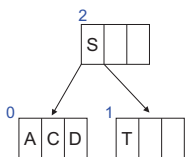


22

C S D T A M ...

3 – Inserção de A

- nó folha com espaço



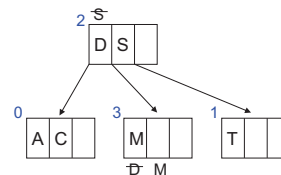
23

C S D T A M ...

4 – Inserção de M

- nó folha 0 cheio

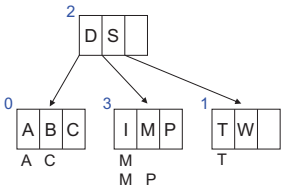
- split do nó
- promoção de D



24

... PIBWNGURK ...

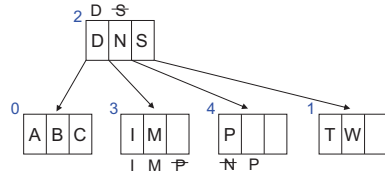
- 5 – Inserção de P, I, B, W
 - nós folhas com espaço



... PIBWNGURK ...

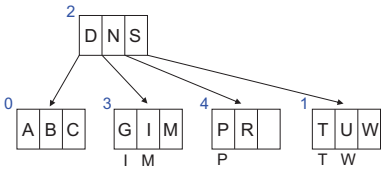
- 6 – Inserção de N
 - nó folha 3 cheio

- split do nó
- promoção de N



... GURK ...

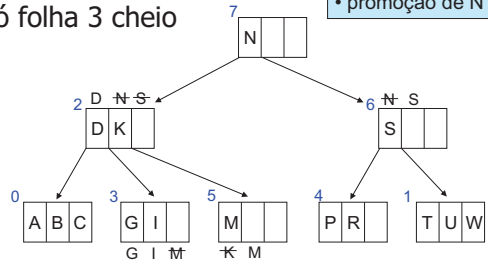
- 7 – Inserção de G, U, R
 - nós folhas com espaço



... GURK ...

- 8 – Inserção de K
 - nó folha 3 cheio

- split do nó 3
- promoção de K
- split do nó 2
- criação de uma nova raiz
- promoção de N



Estrutura de dados

- Estrutura de dados
 - determina cada página de disco
 - pode ser implementada de diferentes formas
- Implementação adotada
 - contador de ocupação (número de chaves por página)
 - chaves
 - ponteiros campos de referência para as páginas filhas

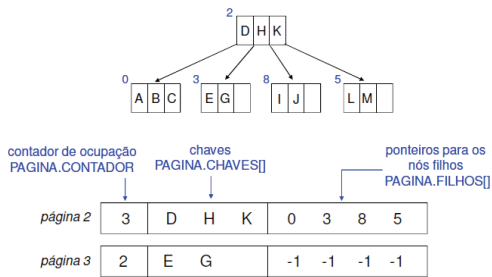
Estrutura de dados

- Possibilidade

```
#define ordem 8

typedef struct {
    int contador;
    char chaves[ordem-1]; //assumindo chaves do tipo char
    int filhos[ordem]; //armazena o RRN dos filhos
} PAGINA;
```

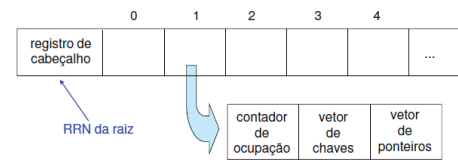
Arquivo da Árvore-B



31

Arquivo da Árvore-B

- Conjunto de registros de tamanho fixo



- Cada registro
 - Contém uma página de disco

32

... E H O L J Y Q Z F X V

- Exercício:
 - Finalizar a construção da árvore...

33

Bibliografia

- M. J. Folk and B. Zoellick, *File Structures: A Conceptual Toolkit*, Addison Wesley, 1987.

34