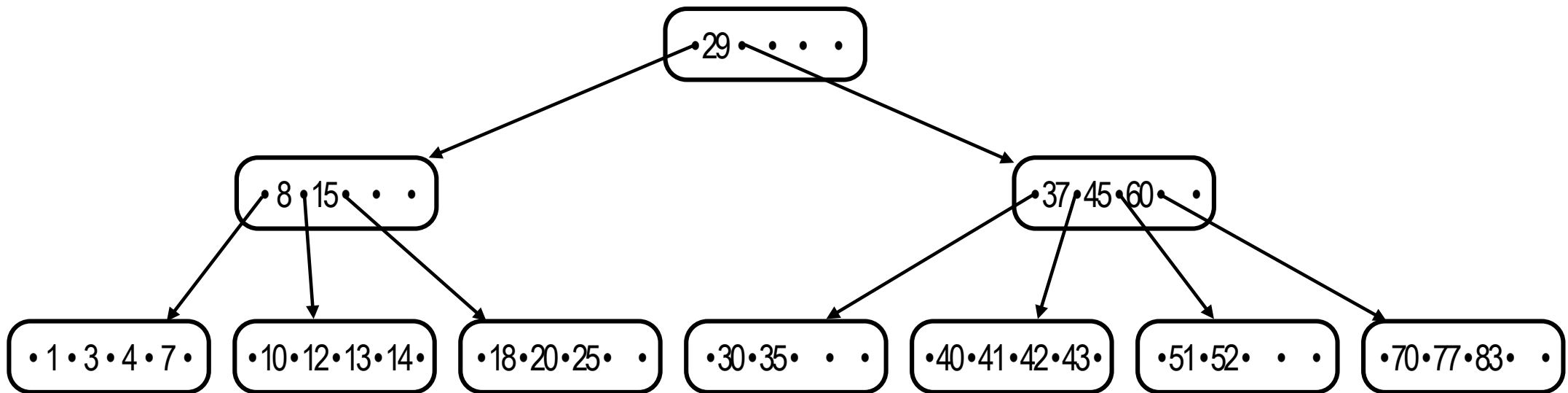


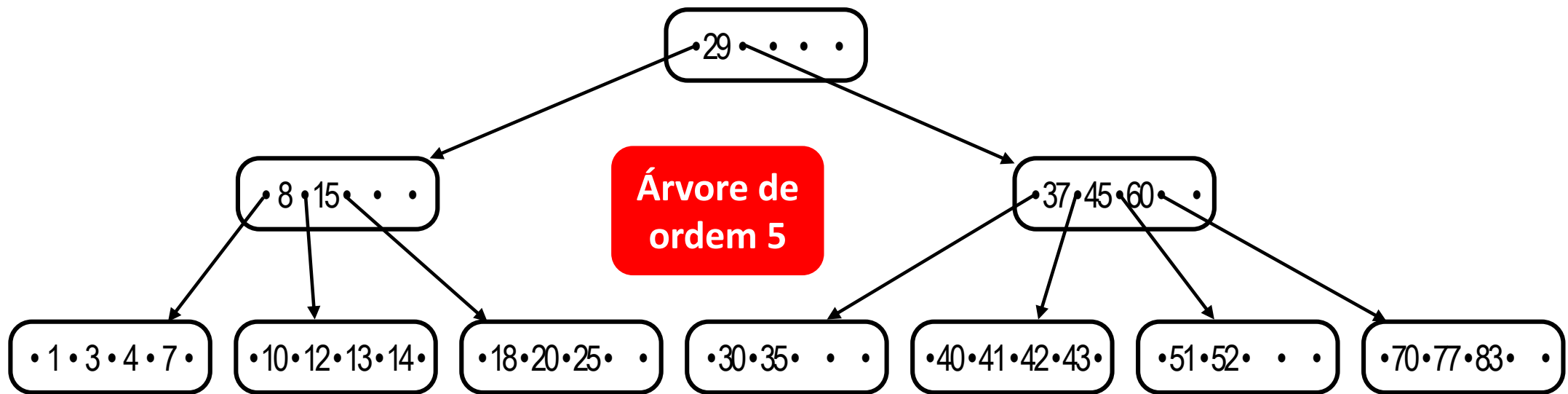
Índices: Árvore B

Árvore B

- Árvore de busca em que cada nodo (ou página) contém mais de 1 elemento



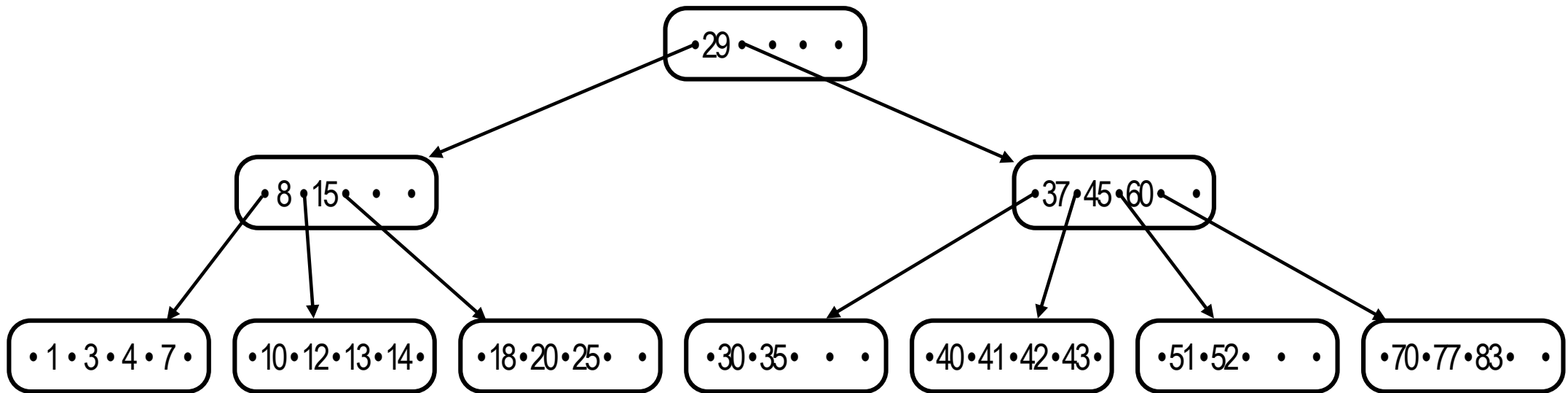
Ordem da árvore B



- Número mínimo de elementos que cada página (exceto raiz) pode ter (Cormen, 2001; Bayer e McCreight, 1972)
- Número de filhos que cada página pode ter (Knuth, 1978)

Usaremos
esta.

Regras da árvore B



- Cada página deve ter pelo menos 50% de ocupação (considerar ordem da árvore), exceto a raiz
- O número de filhos (exceto folha) deve ser o número de chaves + 1
- Todas as folhas estão no mesmo nível (o crescimento é para cima)

Estrutura da página em uma árvore B

Árvore B

- Estrutura da página (tamanho fixo)

N	P ₀	C ₀ D ₀	P ₁	C ₁ D ₁	P ₂	C ₂ D ₂	P ₃	C ₃ D ₃	...	P _{n-1}	C _{n-1} D _{n-1}	P _n
---	----------------	-------------------------------	----------------	-------------------------------	----------------	-------------------------------	----------------	-------------------------------	-----	------------------	-----------------------------------	----------------

- Em que:
 - N número de elementos presentes na página
 - C_i chave do registro (geralmente um código)
 - D_i dados (ex.: endereço do registro no arquivo)
 - P_i ponteiro para o i-ésimo filho

Árvore B

N	P ₀	C ₀ D ₀	P ₁	C ₁ D ₁	P ₂	C ₂ D ₂	P ₃	C ₃ D ₃	...	P _{n-1}	C _{n-1} D _{n-1}	P _n
---	----------------	-------------------------------	----------------	-------------------------------	----------------	-------------------------------	----------------	-------------------------------	-----	------------------	-----------------------------------	----------------

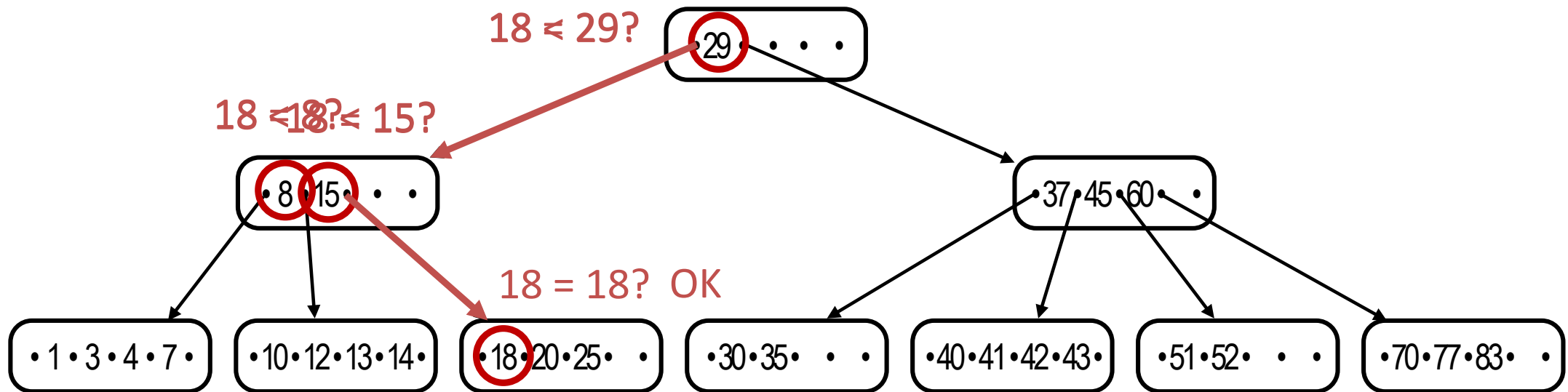
Ponteiro para raiz

0	296													
8	2	104	8	D ₀	200	15	D ₁	392			-1			-1
104	4	-1	1	D ₀	-1	3	D ₁	-1	4	D ₂	-1	7	D ₃	-1
200	4	-1	10	D ₀	-1	12	D ₁	-1	13	D ₂	-1	14	D ₃	-1
296	1	8	29	D ₀	488			-1			-1			-1
392	3	-1	18	D ₀	-1	20	D ₁	-1	25	D ₂	-1			-1
488	3	584	37	D ₀	680	45	D ₁	776	60	D ₂	872			-1
584	2	-1	30	D ₀	-1	35	D ₁	-1			-1			-1
680	4	-1	40	D ₀	-1	41	D ₁	-1	42	D ₂	-1	43	D ₃	-1
776	2	-1	51	D ₀	-1	52	D ₁	-1			-1			-1
872	3	-1	70	D ₀	-1	77	D ₁	-1	83	D ₂	-1			-1

Busca em uma árvore B

Busca em árvore B

- Exemplo – localizar chave 18



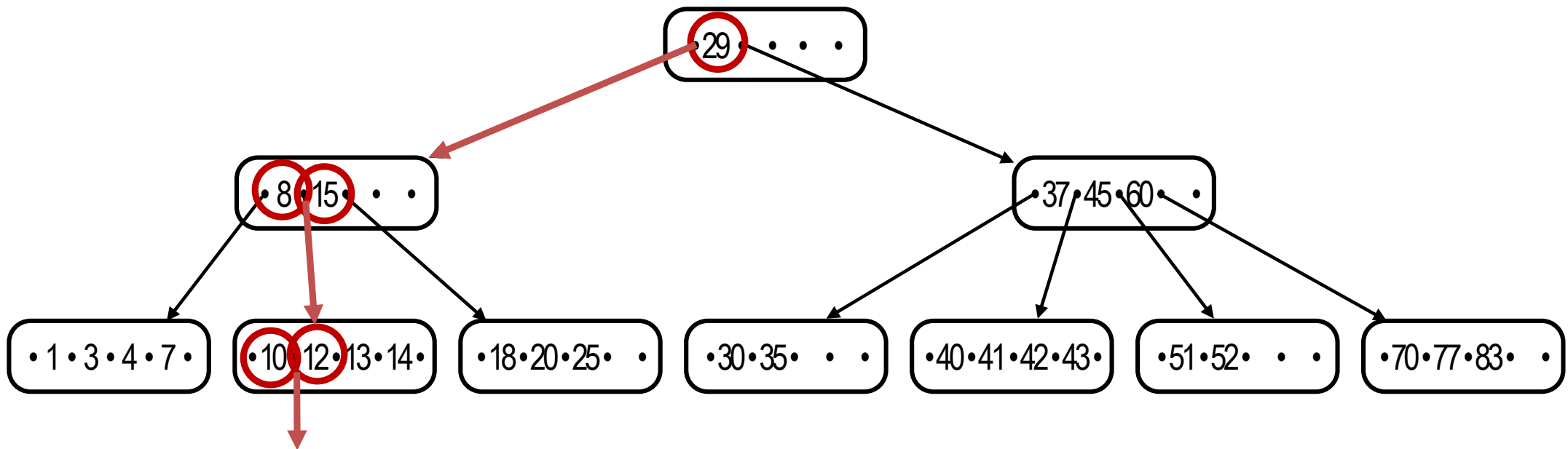
Inserção em uma árvore B

Inserção em árvore B

- Inserção
 - Se o elemento couber na página, basta incluí-lo de forma ordenada
 - Se não couber, a página deve ser dividida em duas e o elemento do meio deve ser promovido

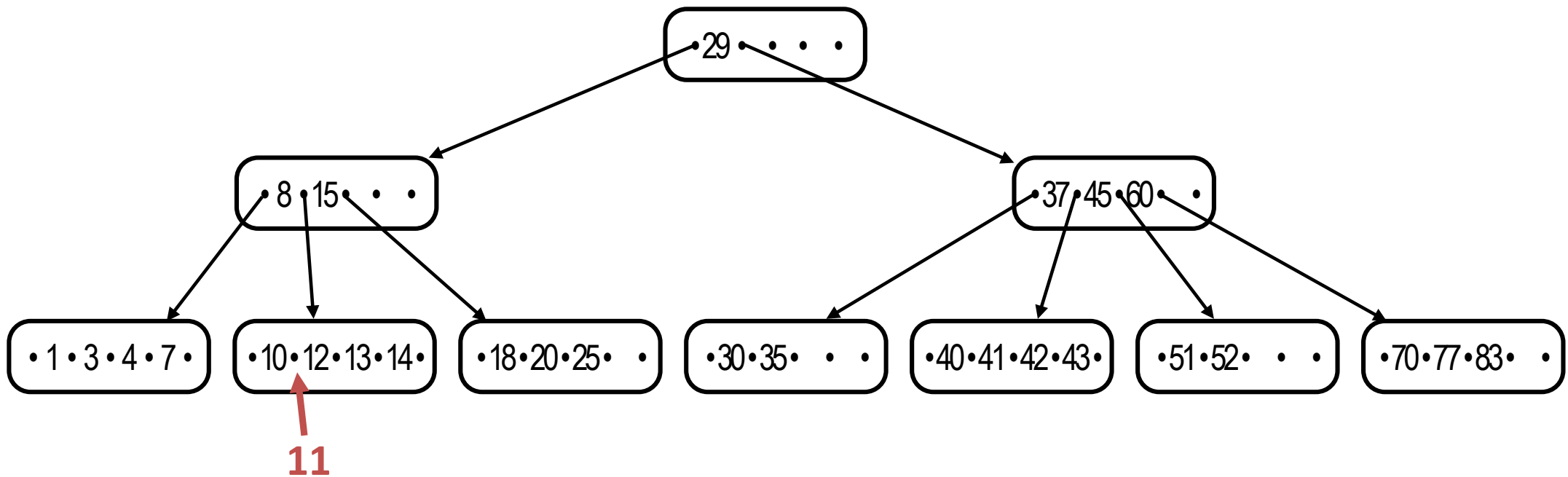
Inserção em árvore B

- Exemplo – inserir a chave 11



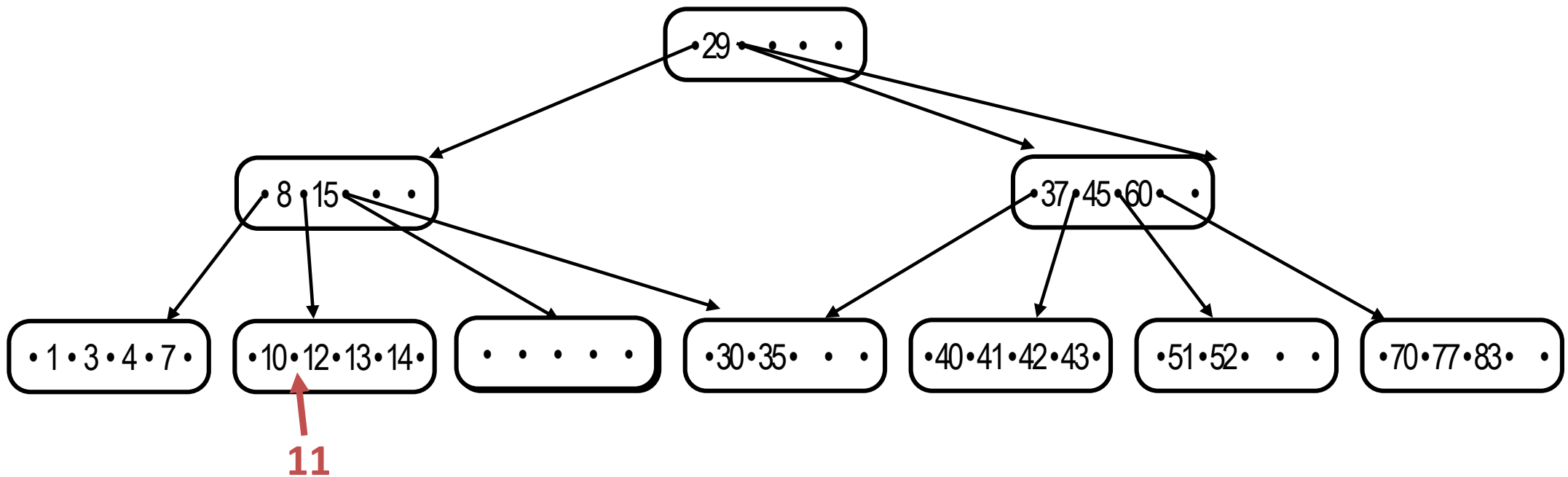
Inserção em árvore B

- Exemplo – inserir a chave 11



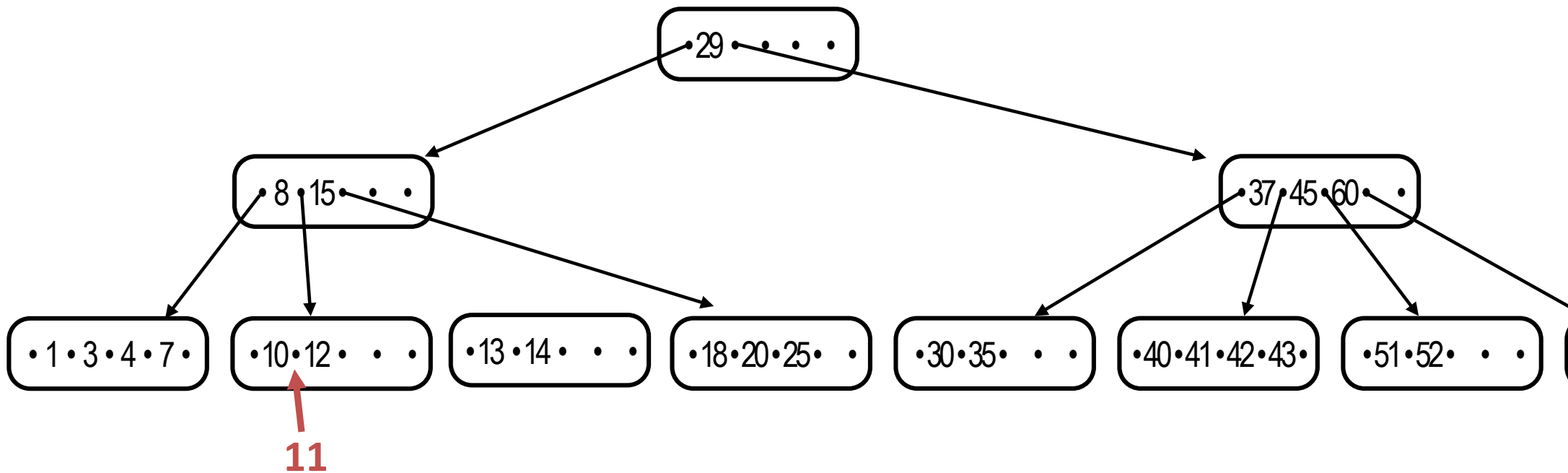
Inserção em árvore B

- Exemplo – inserir a chave 11



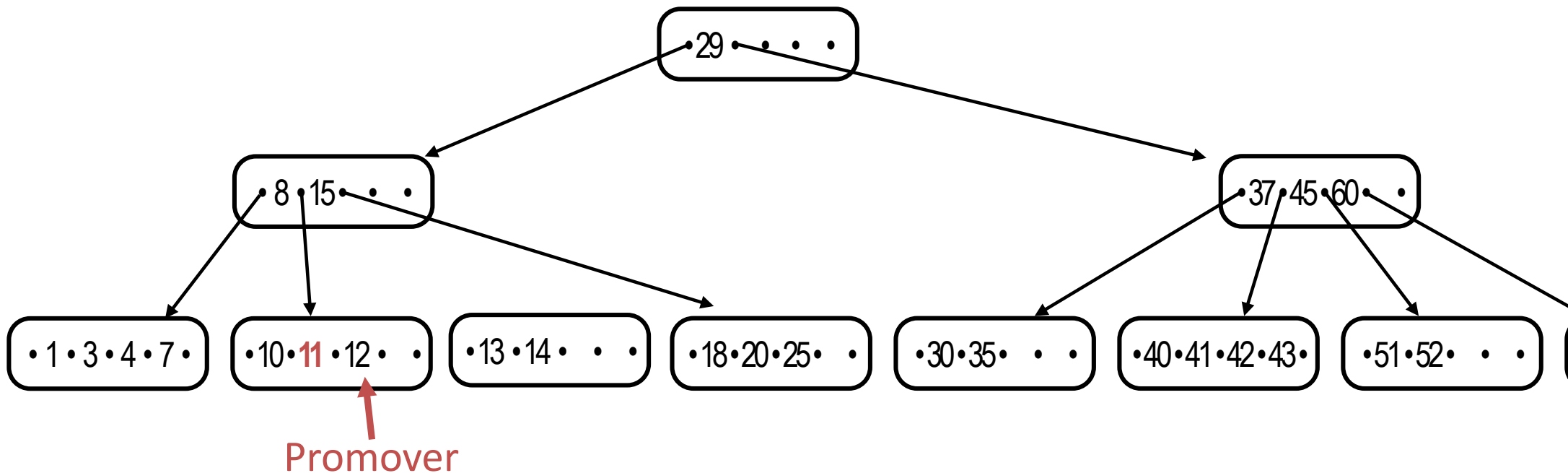
Inserção em árvore B

- Exemplo – inserir a chave 11



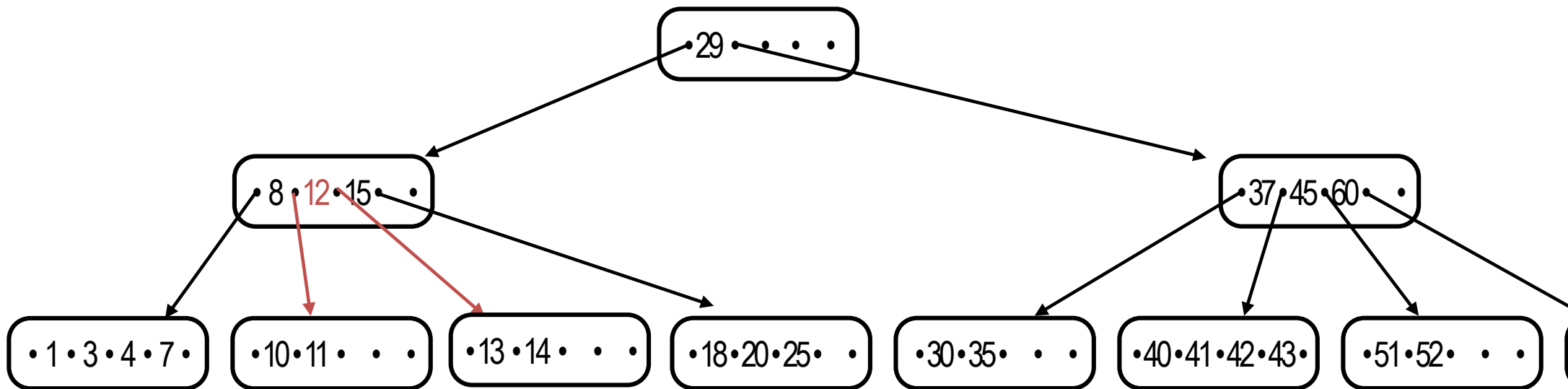
Inserção em árvore B

- Exemplo – inserir a chave 11



Inserção em árvore B

- Exemplo – inserir a chave 11

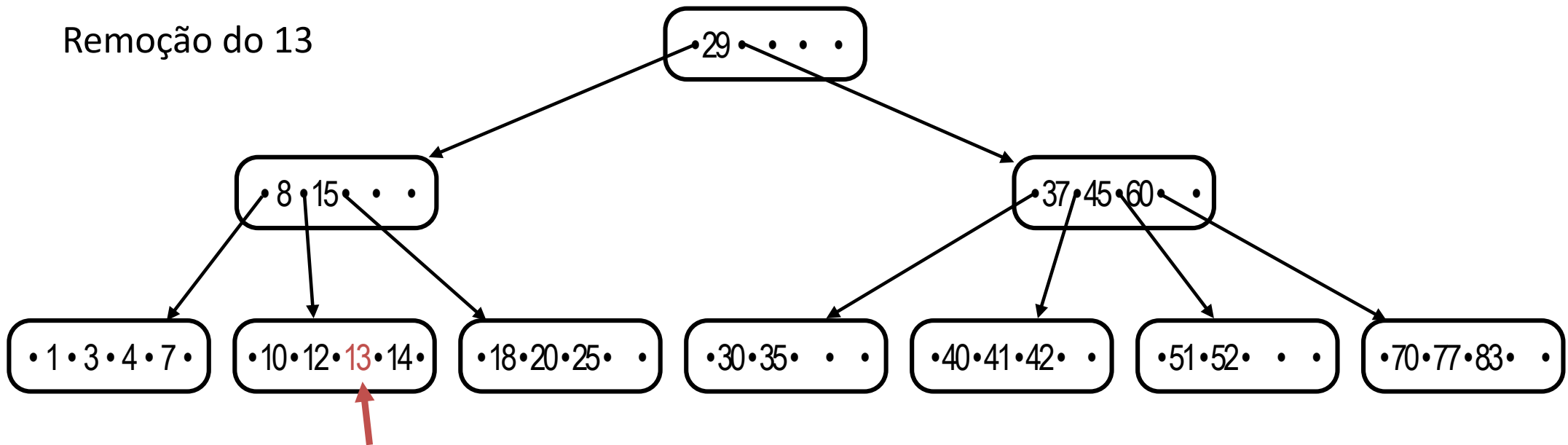


Remoção em uma árvore B

Remoção em árvore B

- Caso 1: se o elemento ESTIVER em uma folha e a folha mantiver 50% de ocupação, basta removê-lo

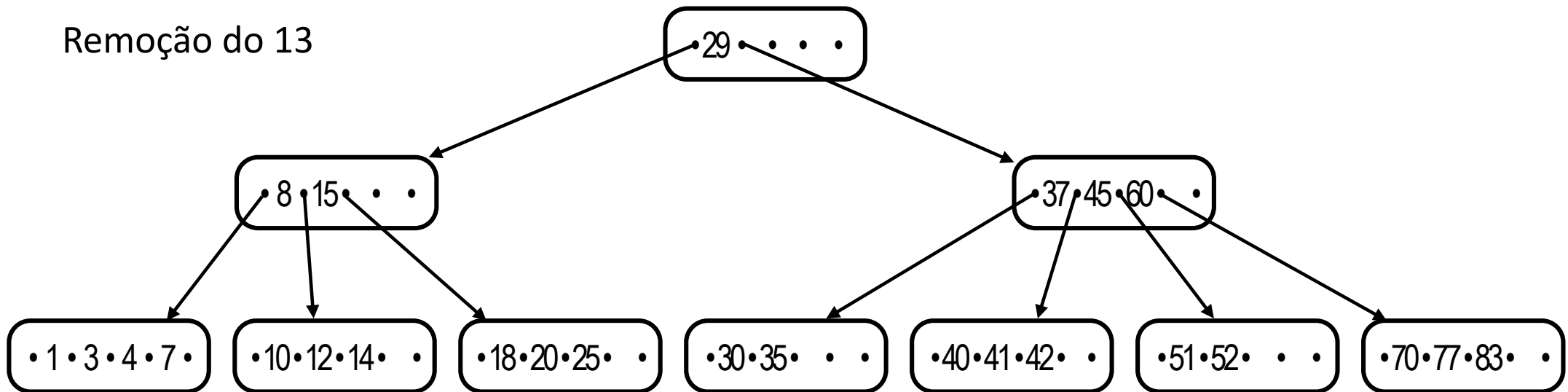
Remoção do 13



Remoção em árvore B

- Caso 1: se o elemento ESTIVER em uma folha e a folha mantiver 50% de ocupação, basta removê-lo

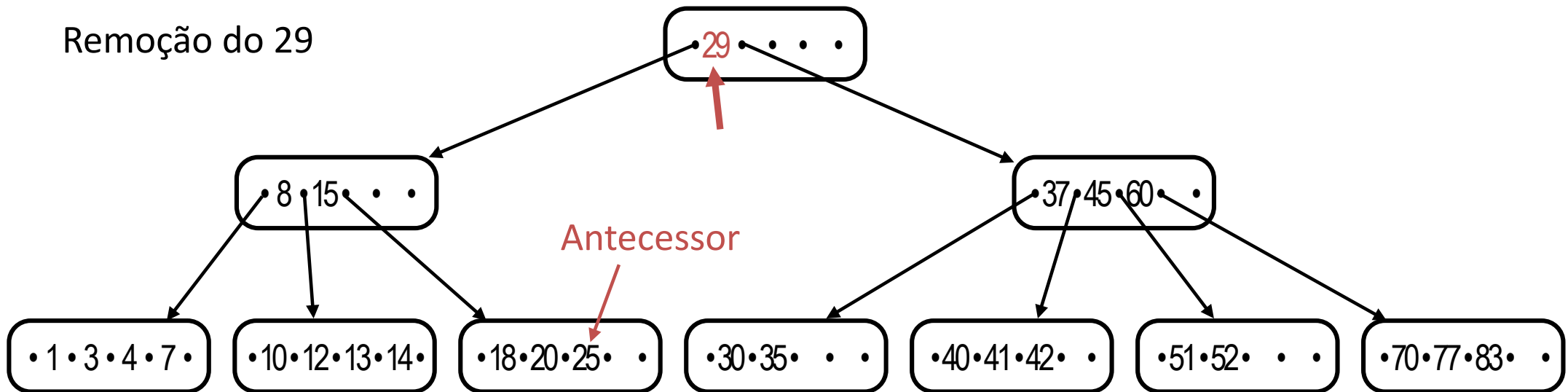
Remoção do 13



Remoção em árvore B

- Caso 2: se o elemento NÃO ESTIVER em uma folha, trocá-lo pelo seu antecessor

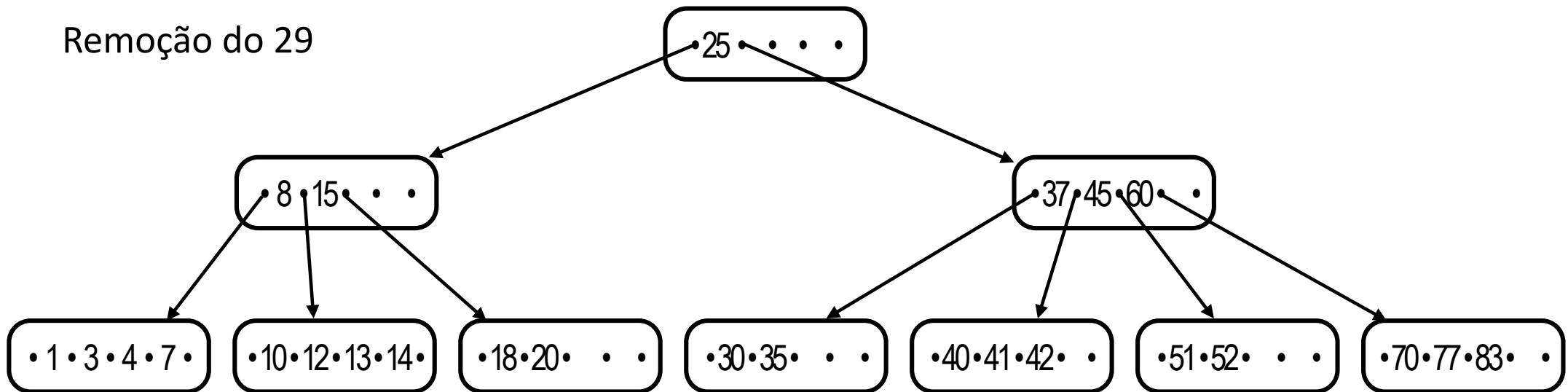
Remoção do 29



Remoção em árvore B

- Caso 2: se o elemento NÃO ESTIVER em uma folha, trocá-lo pelo seu antecessor

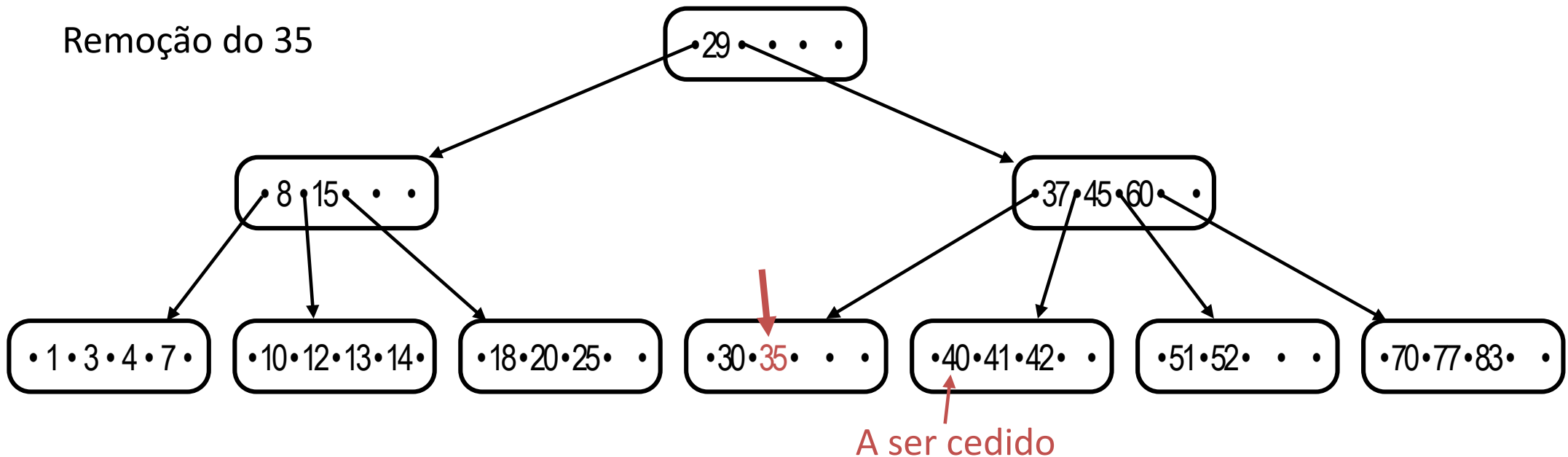
Remoção do 29



Remoção em árvore B

- Caso 3: se a folha ficar com menos de 50% de ocupação, mas a página irmã puder ceder uma chave

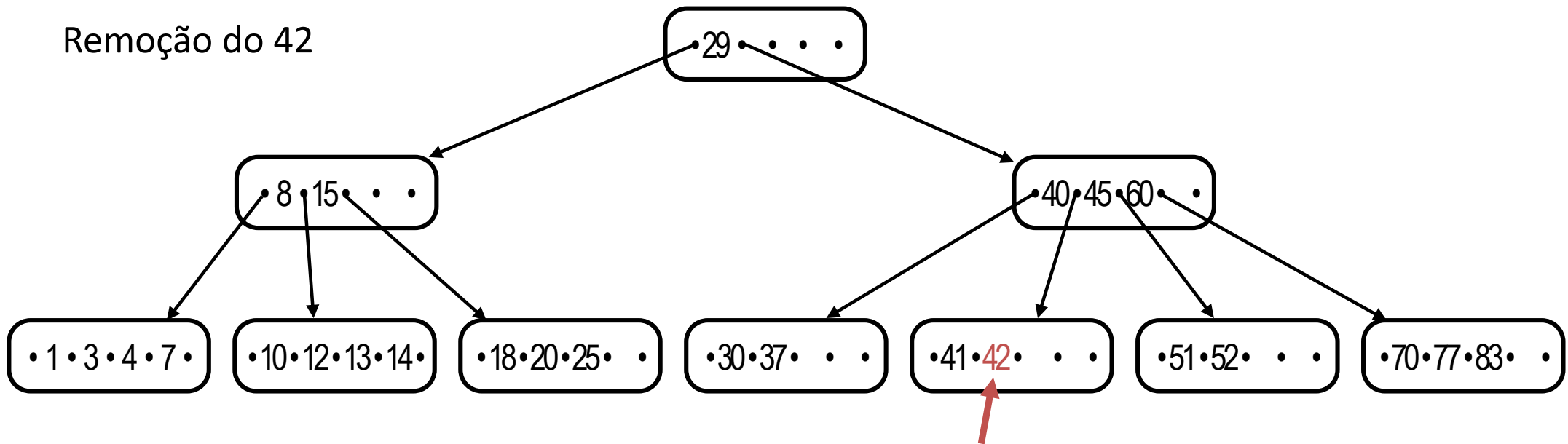
Remoção do 35



Remoção em árvore B

- Caso 4: se a folha ficar com menos de 50% de ocupação e as páginas irmãs não puderem ceder uma chave

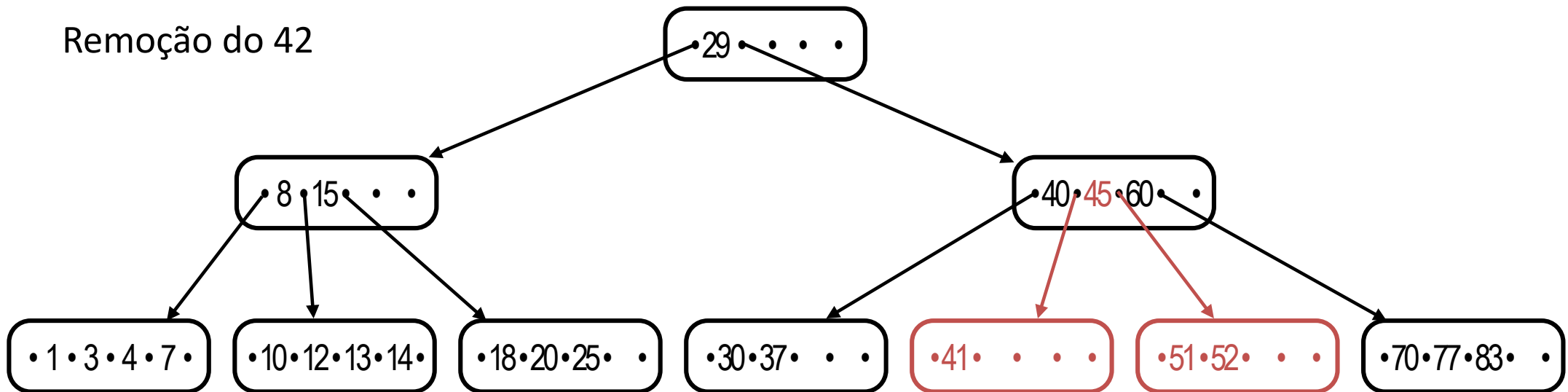
Remoção do 42



Remoção em árvore B

- Caso 4: se a folha ficar com menos de 50% de ocupação e as páginas irmãs não puderem ceder uma chave

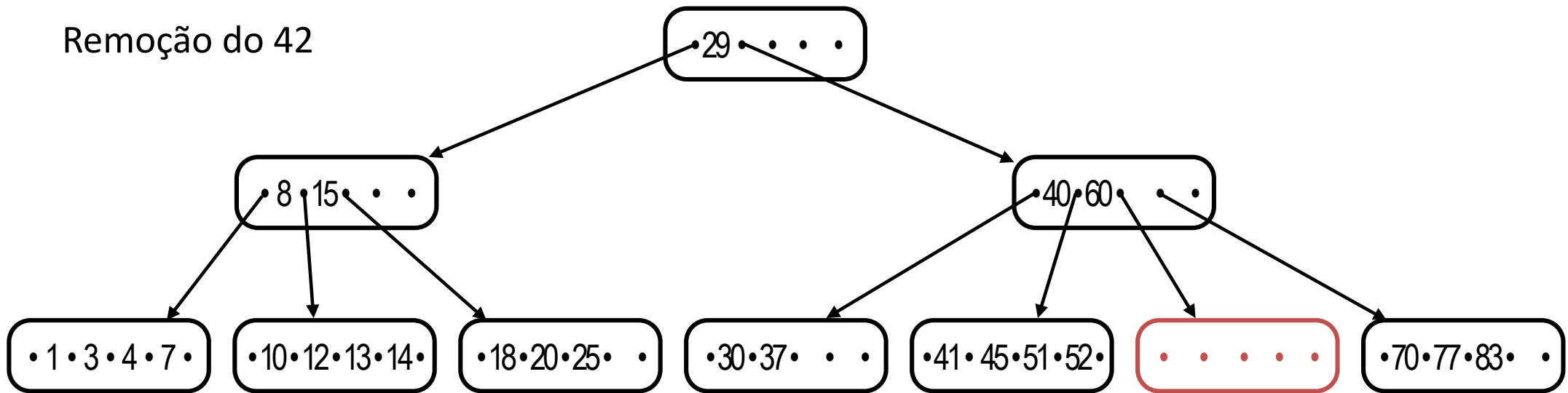
Remoção do 42



Remoção em árvore B

- Caso 4: se a folha ficar com menos de 50% de ocupação e as páginas irmãs não puderem ceder uma chave

Remoção do 42

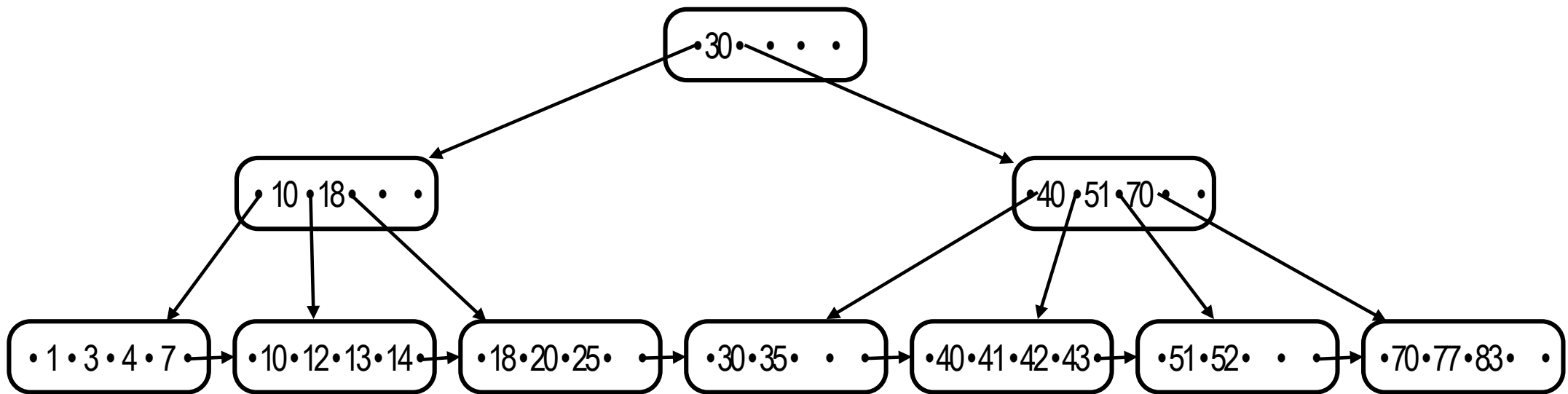


Árvore B+

Árvore B+

- Todas as chaves são armazenadas nas folhas
- Cada folha aponta para a próxima folha (para permitir a leitura sequencial)
- As folhas podem possuir uma estrutura diferente das páginas não folhas, por serem as únicas páginas a carregarem dados

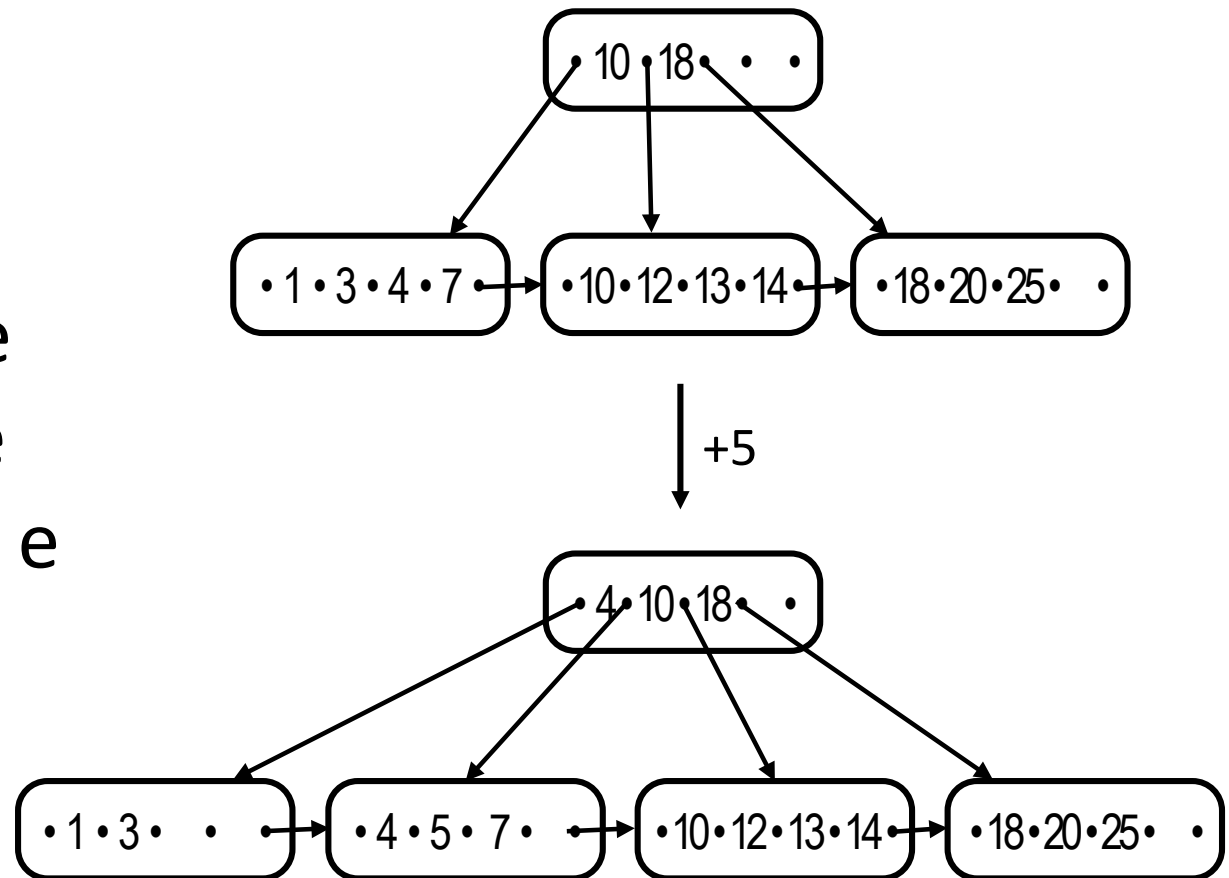
Árvore B+



Operações na árvore B+

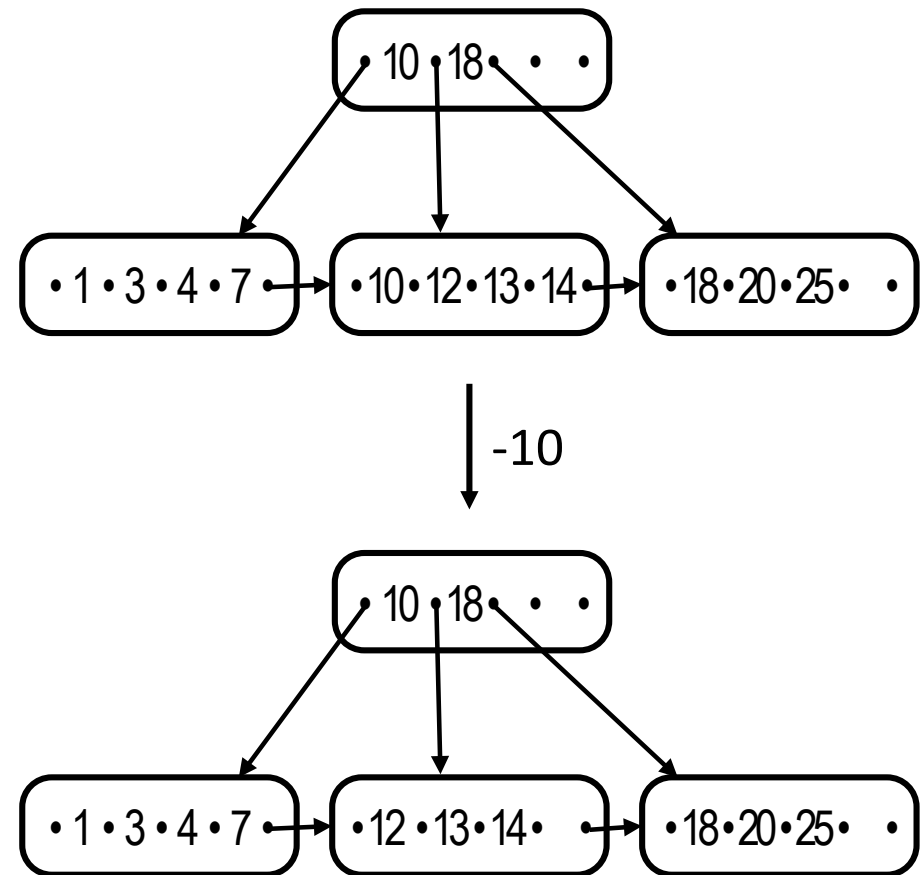
Inclusão na árvore B+

- Mesmas regras da árvore B
- Se ocorrer divisão de página, a chave deve ser mantida na folha e copiada *para cima*



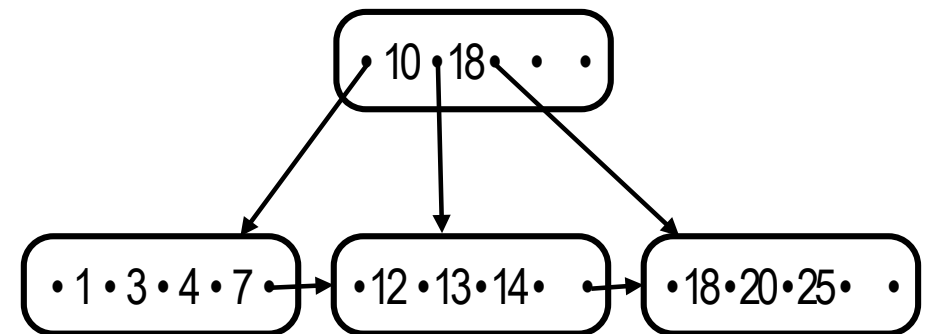
Remoção na árvore B+

- Mesmas regras da árvore B, inclusive de redistribuição e fusão
- As chaves removidas das folhas *não precisam* ser removidas das outras páginas.



Busca na árvore B+

- Mesmas regras da árvore B, mas as chaves devem ser localizadas apenas nas folhas



Chave 10 não é encontrada na árvore