

Algoritmos e Estruturas de Dados III

Aula 3.2 – Ordenação Externa

Prof. Hayala Curto
2022



Roteiro do Conteúdo



3.1 Arquivos

- Arquivos Sequenciais
- Chaves de Ordenação
- Chave Primária
- Operações em Arquivos - CRUD



3.2 Ordenação Externa

- Ordenação Externa
- Intercalação Balanceada
- Análise de Complexidade
- Otimização do Algoritmo

Ordenação Externa

- Processo de ordenação de dados em arquivos
- Adotado quando os dados a serem ordenados são maiores que a capacidade de ordenação em memória principal
- Prioriza o acesso sequencial aos arquivos (algoritmo criado na época das fitas)

Ordenação Externa - Intercalação Balanceada

Intercalação balanceada

- Algoritmo que ordena os registros por meio da intercalação de registros de várias fontes balanceadas (arquivos temporários com tamanho aproximado semelhante)
- Etapas:
 1. Distribuição de blocos de B registros ordenados por M caminhos balanceados (arquivos temporários)
 2. Intercalações sucessivas dos segmentos ordenados dos M caminhos

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

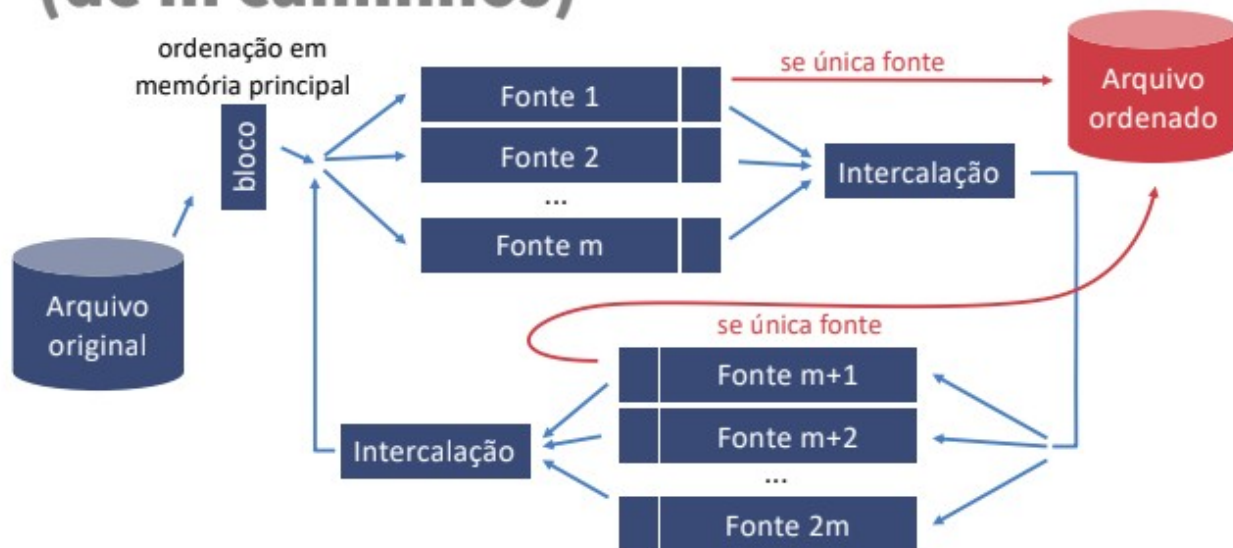
Distribuição

Arq.Temp 3:

Arq.Temp 5:

Ordenação Externa - Intercalação Balanceada

Intercalação balanceada (de m caminhos)



Execução do algoritmo

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20									

Observação:

Nesse exemplo, apenas os IDs dos registros estão sendo apresentados, mas os registros são completos, isto é, contém diversos outros atributos.

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20									

Etapa 1: Distribuição

Os registros serão lidos em blocos de grande tamanho (**4 neste exemplo**) para a memória principal, ordenados em memória principal (Quicksort, Mergesort, ...) e escritos nos primeiros M caminhos (**2 neste exemplo**)

Intercalação Balanceada

- Arquivo inicial

5	28	10
---	----	----

17	46	18
----	----	----

Vamos fazer a intercalação balanceada com:

- Blocos de tamanho 4
- 2 caminhos

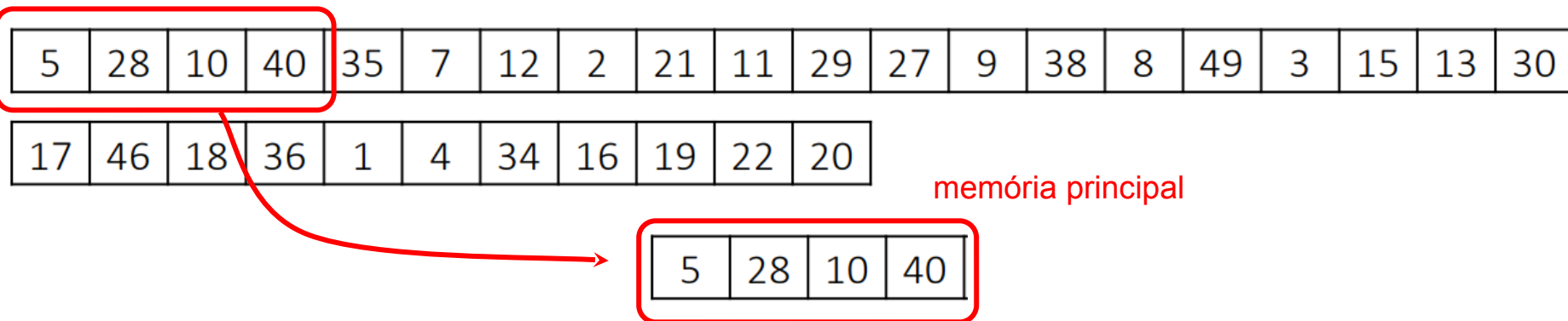
3	15	13	30
---	----	----	----

Etapa 1: Distribuição

Os registros serão lidos em blocos de grande tamanho (**4 neste exemplo**) para a memória principal, ordenados em memória principal (Quicksort, Mergesort, ...) e escritos nos primeiros M caminhos (**2 neste exemplo**)

Intercalação Balanceada

- Arquivo original



Distribuição

Arq.Temp 1:

Arq.Temp 2:

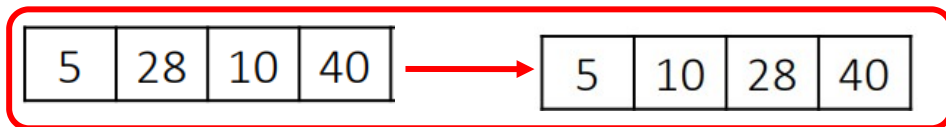
Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
---	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----	----	----

17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20
----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----

Ordenação em memória principal



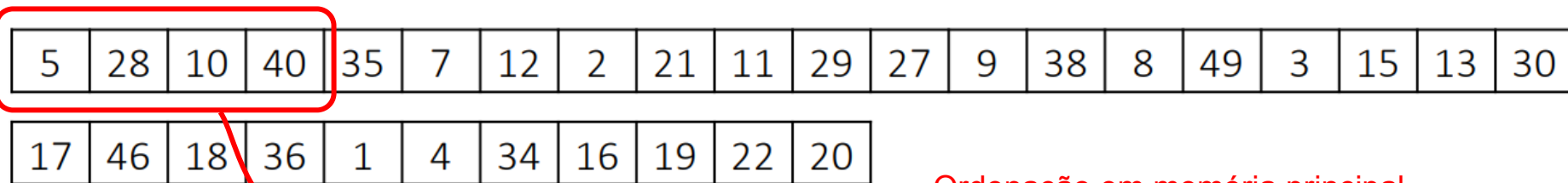
Distribuição

Arq.Temp 1:

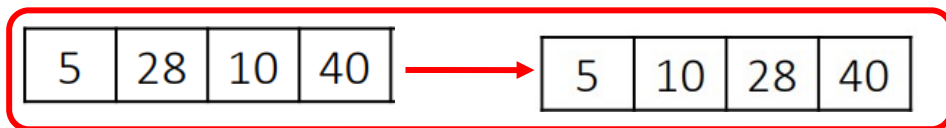
Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

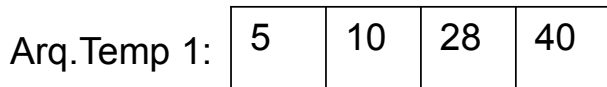
- Arquivo original



Ordenação em memória principal



Distribuição

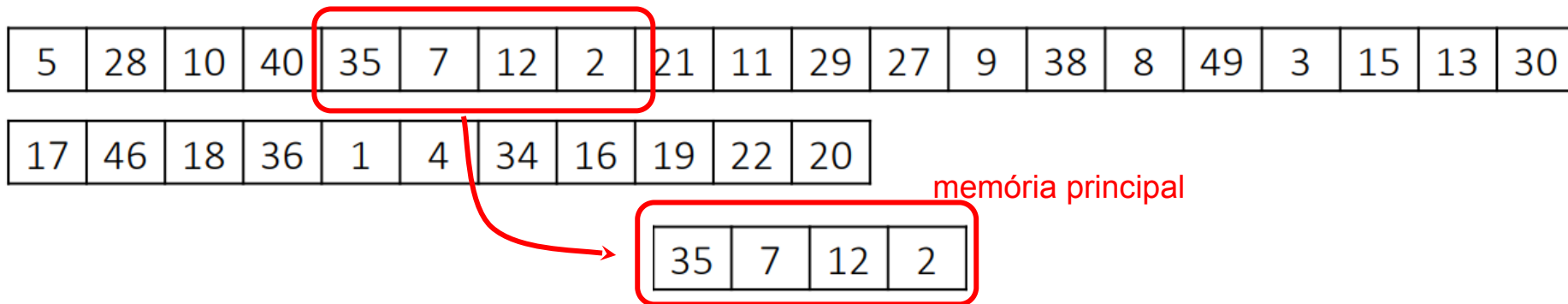


Arq.Temp 2:

Escrita no primeiro destino

Intercalação Balanceada

- Arquivo original



Distribuição

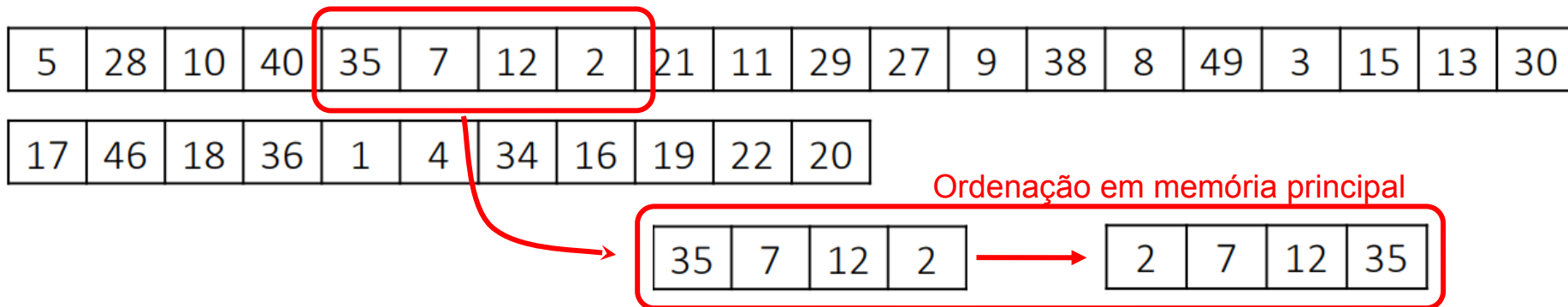
Arq.Temp 1:

5	10	28	40
---	----	----	----

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

- Arquivo original



Distribuição

Arq.Temp 1: [5, 10, 28, 40]

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
---	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----	----	----

17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20
----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----

Ordenação em memória principal



Distribuição

Arq.Temp 1:	5	10	28	40
-------------	---	----	----	----

Arq.Temp 2:	2	7	12	35
-------------	---	---	----	----

Escrita no segundo destino

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20									

Distribuição

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29
Arq.Temp 2:	2	7	12	35				

Ordenação em memória principal e escrita no primeiro destino (todos os destinos já receberam um segmento ordenado)

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20									

Distribuição

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49

Ordenação em memória principal
e escrita no segundo destino

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20									

Ordenação em memória principal
e escrita no primeiro destino

Distribuição

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49				

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
---	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----	----	---	----	---	----	---	----	----	----

17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20
----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----

Ordenação em memória principal
e escrita no segundo destino

Distribuição

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30
-------------	---	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----

Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46
-------------	---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20									

Ordenação em memória principal
e escrita no primeiro destino

Distribuição

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46				

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20									

Ordenação em memória principal
e escrita no segundo destino

Distribuição

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

Intercalação Balanceada

- Arquivo original

5	28	10	40	35	7	12	2	21	11	29	27	9	38	8	49	3	15	13	30
17	46	18	36	1	4	34	16	19	22	20									

Fim da Etapa 1: Distribuição

Distribuição

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

Etapa 2: Primeira intercalação

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

Etapa 2: Primeira intercalação

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

$2 < 5$

Distribuição

Arq.Temp 3: 2

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

$5 < 7$

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5
-------------	---	---

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

$7 < 10$

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7
-------------	---	---	---

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

$10 < 12$

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10
-------------	---	---	---	----

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

$12 < 28$

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12
-------------	---	---	---	----	----

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

$28 < 35$

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28
-------------	---	---	---	----	----	----

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

$35 < 40$

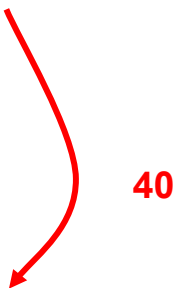
Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35
-------------	---	---	---	----	----	----	----

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	



Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40
-------------	---	---	---	----	----	----	----	----

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

A intercalação de 2 segmentos ordenados de tamanho 4
gera um segmento ordenado de tamanho 8

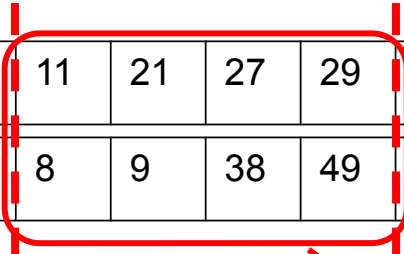
Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40
-------------	---	---	---	----	----	----	----	----

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	



Mesmo processo anterior

A intercalação de 2 segmentos ordenados de tamanho 4 gera um segmento ordenado de tamanho 8

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40
Arq.Temp 4:	8	9	11	21	27	29	38	49

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

Mesmo processo anterior

A intercalação de 2 segmentos ordenados de tamanho 4 gera um segmento ordenado de tamanho 8

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
Arq.Temp 4:	8	9	11	21	27	29	38	49								

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

Mesmo processo anterior

A intercalação de 2 segmentos ordenados de tamanho 4 gera um segmento ordenado de tamanho 8

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
Arq.Temp 4:	8	9	11	21	27	29	38	49	1	4	16	19	20	22	34	

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	40	11	21	27	29	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	46	19	20	22	

Etapa 2: Fim da primeira intercalação

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
Arq.Temp 4:	8	9	11	21	27	29	38	49	1	4	16	19	20	22	34	

Intercalação Balanceada

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
Arq.Temp 4:	8	9	11	21	27	29	38	49	1	4	16	19	20	22	34	

Etapa 3: Segunda intercalação

Intercalação Balanceada

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
Arq.Temp 4:	8	9	11	21	27	29	38	49	1	4	16	19	20	22	34	

Etapa 3: Segunda intercalação

Os arquivos temporários 1 e 2 podem ser reaproveitados

Arq.Temp 1:

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

Distribuição

Arq.Temp 3:	2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
Arq.Temp 4:	8	9	11	21	27	29	38	49	1	4	16	19	20	22	34	

Arq.Temp 1:

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

Distribuição

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
---	---	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 4:

8	9	11	21	27	29	38	49	1	4	16	19	20	22	34
---	---	----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----

Arq.Temp 1:

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

Distribuição

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
---	---	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 4:

8	9	11	21	27	29	38	49	1	4	16	19	20	22	34
---	---	----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----

A intercalação de 2 segmentos ordenados de tamanho 8 gera um segmento ordenado de tamanho 16

Arq.Temp 1:

2	5	7	8	9	10	11	12	21	27	28	29	35	38	39	40
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

Distribuição

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	35	40	3	13	15	17	18	30	36	46
8	9	11	21	27	29	38	49	1	4	16	19	20	22	34	

Arq.Temp 4:

A intercalação de 2 segmentos
ordenados de tamanho 8 gera um
segmento ordenado de tamanho
16

Arq.Temp 1:

2	5	7	8	9	10	11	12	21	27	28	29	35	38	39	40
1	3	4	13	15	16	17	18	19	20	22	30	34	36	46	

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	2	5	7	8	9	10	11	12	21	27	28	29	35	38	39	40
Arq.Temp 2:	1	3	4	13	15	16	17	18	19	20	22	30	34	36	46	

Etapa 3: Fim da segunda intercalação

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	2	5	7	8	9	10	11	12	21	27	28	29	35	38	39	40
Arq.Temp 2:	1	3	4	13	15	16	17	18	19	20	22	30	34	36	46	

Etapa 4: Terceira intercalação

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:

2	5	7	8	9	10	11	12	21	27	28	29	35	38	39	40
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 2:

1	3	4	13	15	16	17	18	19	20	22	30	34	36	46	
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--

Etapa 4: Terceira intercalação

Os arquivos temporários 3 e 4 podem ser reaproveitados

Arq.Temp 3:

Arq.Temp 4:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:

2	5	7	8	9	10	11	12	21	27	28	29	35	38	39	40
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 2:

1	3	4	13	15	16	17	18	19	20	22	30	34	36	46	
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--

A intercalação de 2 segmentos
ordenados de tamanho 16 gera um
segmento ordenado de tamanho
32

Arq.Temp 3:

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
19	20	21	22	27	28	29	30	34	35	36	38	40	46	49	

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:

2	5	7	8	9	10	11	12	21	27	28	29	35	38	39	40
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 2:

1	3	4	13	15	16	17	18	19	20	22	30	34	36	46
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 3:

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
19	20	21	22	27	28	29	30	34	35	36	38	40	46	49	

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 3:

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
19	20	21	22	27	28	29	30	34	35	36	38	40	46	49	

Quando todos os registros ficarem em um único destino, o arquivo estará ordenado.

Análise de Complexidade



Estratégia 2

Intercalação com seleção por substituição



Análise de Complexidade

- A base da análise é o número de “passadas” (leituras) por todos os registros
 - O tempo da ordenação em memória principal é pouco significativo
- Cálculo:
 - $passadas = 1 + \left\lceil \log_m \left(\frac{N}{b} \right) \right\rceil$
 - Em que:
 - N = número total de registros
 - b = tamanho do bloco ordenado em memória principal
 - m = quantidade de destinos usados na intercalação
 - A primeira passada corresponde à etapa de distribuição

Análise de Complexidade

$$passadas = 1 + \left\lceil \log_m \left(\frac{N}{b} \right) \right\rceil$$

Exemplo – Ordenação de 50.000 registros usando 3 caminhos, com capacidade de ordenação em memória principal de 150 registros.

- $N = 50.000$
- $b = 150$
- $m = 3$ (mas serão usados 6 arquivos temporários)

Análise de Complexidade

$$\textit{passadas} = 1 + \left\lceil \log_m \left(\frac{N}{b} \right) \right\rceil$$

$$\textit{passadas} = 1 + \left\lceil \log_3 \left(\frac{50000}{150} \right) \right\rceil$$

$$\textit{passadas} = 1 + \lceil \log_3(333,33) \rceil$$

$$\textit{passadas} = 1 + \lceil 5,29 \rceil$$

$$\textit{passadas} = 1 + 6$$

$$\textit{passadas} = 7$$

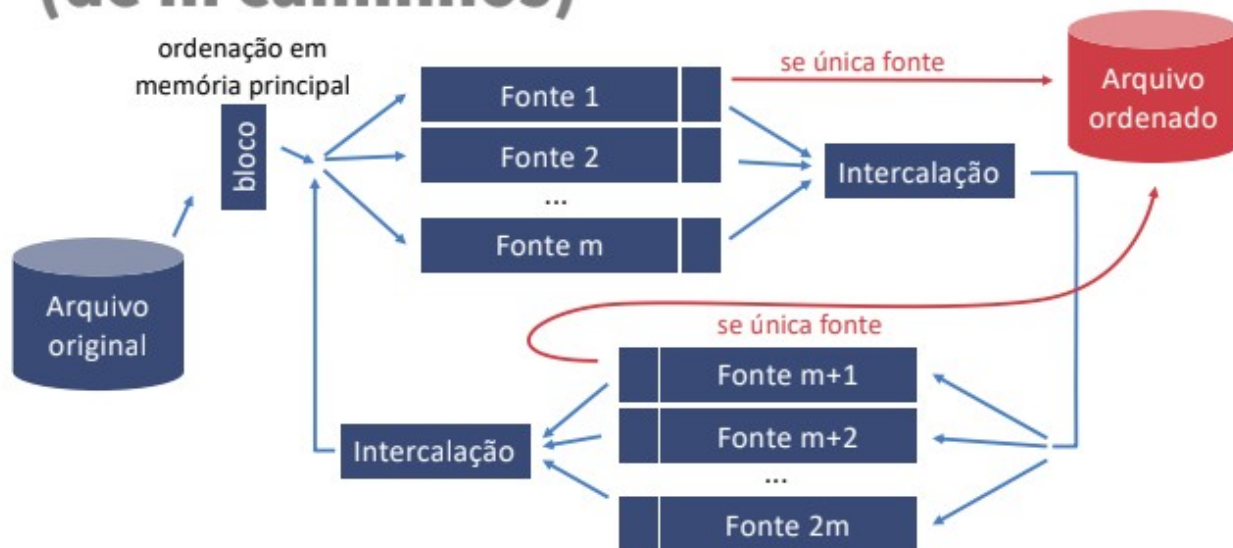
- $N = 50.000$
- $b = 150$
- $m = 3$ (mas serão usados 6 arquivos temporários)

Otimização do Algoritmo



Ordenação Externa - Intercalação Balanceada

Intercalação balanceada (de m caminhos)



Estratégia 1

Segmento de Tamanho Variável



Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	29	31	32	37	40	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	39	46	47	52	

A Etapa 1 (ordenação em memória principal) já foi feita

Estamos na Etapa 2: Primeira intercalação

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	29	31	32	37	40	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	39	46	47	52	

Uma primeira estratégia de otimização é tentar aproveitar a eventual ordenação entre os blocos.

O segmento só para de “crescer” quando encontramos um número menor que o anterior.

Lembrando que os números dentro de cada segmento já estão ordenados

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	29	31	32	37	40	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	39	46	47	52	

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:	5	10	28	29	31	32	37	40	3	13	15	30	1	4	16	34
Arq.Temp 2:	2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	39	46	47	52	

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:

5	10	28	29	31	32	37	40	3	13	15	30	1	4	16	34
---	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	---	---	----	----

Arq.Temp 2:

2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	39	46	47	52
---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Distribuição

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	29	31	32	35	37	40
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 4:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:

5	10	28	29	31	32	37	40	3	13	15	30	1	4	16	34
---	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	---	---	----	----

Arq.Temp 2:

2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	39	46	47	52
---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Distribuição

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	29	31	32	35	37	40
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 4:

3	8	9	13	15	30	38	49
---	---	---	----	----	----	----	----

Intercalação Balanceada

Arq. Temp 1:

5	10	28	29	31	32	37	40	3	13	15	30	1	4	16	34
---	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	---	---	----	----

Arq. Temp 2:

2	7	12	35	8	9	38	49	17	18	36	39	46	47	52
---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Distribuição

Arq. Temp 3:

2	5	7	10	12	28	29	31	32	35	37	40	1	4	16	17
18	34	36	39	46	47	52									

Arq. Temp 4:

3	8	9	13	15	30	38	49
---	---	---	----	----	----	----	----

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	29	31	32	35	37	40	1	4	16	17
18	34	36	39	46	47	52									

Arq.Temp 4:

3	8	9	13	15	30	38	49
---	---	---	----	----	----	----	----

Fim da primeira intercalação

Início da segunda intercalação

Arq.Temp 1:

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	29	31	32	35	37	40	1	4	16	17
18	34	36	39	46	47	52									

Arq.Temp 4:

3	8	9	13	15	30	38	49
---	---	---	----	----	----	----	----

Fim da primeira intercalação

Início da segunda intercalação

Arq.Temp 1:

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	29	31	32	35	37	40	1	4	16	17
18	34	36	39	46	47	52									

Arq.Temp 4:

3	8	9	13	15	30	38	49
---	---	---	----	----	----	----	----

Arq.Temp 1:

2	3	5	7	8	9	10	12	13	15	28	29	30	31	32	35
37	38	40	49												

Arq.Temp 2:

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 3:

2	5	7	10	12	28	29	31	32	35	37	40	1	4	16	17
18	34	36	39	46	47	52									

Arq.Temp 4:

3	8	9	13	15	30	38	49
---	---	---	----	----	----	----	----

Arq.Temp 1:

2	3	5	7	8	9	10	12	13	15	28	29	30	31	32	35
37	38	40	49												

Arq.Temp 2:

1	4	16	17	18	34	36	39	46	47	52
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:

2	3	5	7	8	9	10	12	13	15	28	29	30	31	32	35
37	38	40	49												

Arq.Temp 2:

1	4	16	17	18	34	36	39	46	47	52
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fim da segunda intercalação

Início da terceira intercalação

Intercalação Balanceada

Arq.Temp 1:

2	3	5	7	8	9	10	12	13	15	28	29	30	31	32	35
37	38	40	49												

Arq.Temp 2:

1	4	16	17	18	34	36	39	46	47	52
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Arq.Temp 3:

1	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	15	16	17	18	28
29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	40	46	47	49	52	

Arq.Temp 4:

Estratégia 2

Intercalação por Substituição



PUC Minas