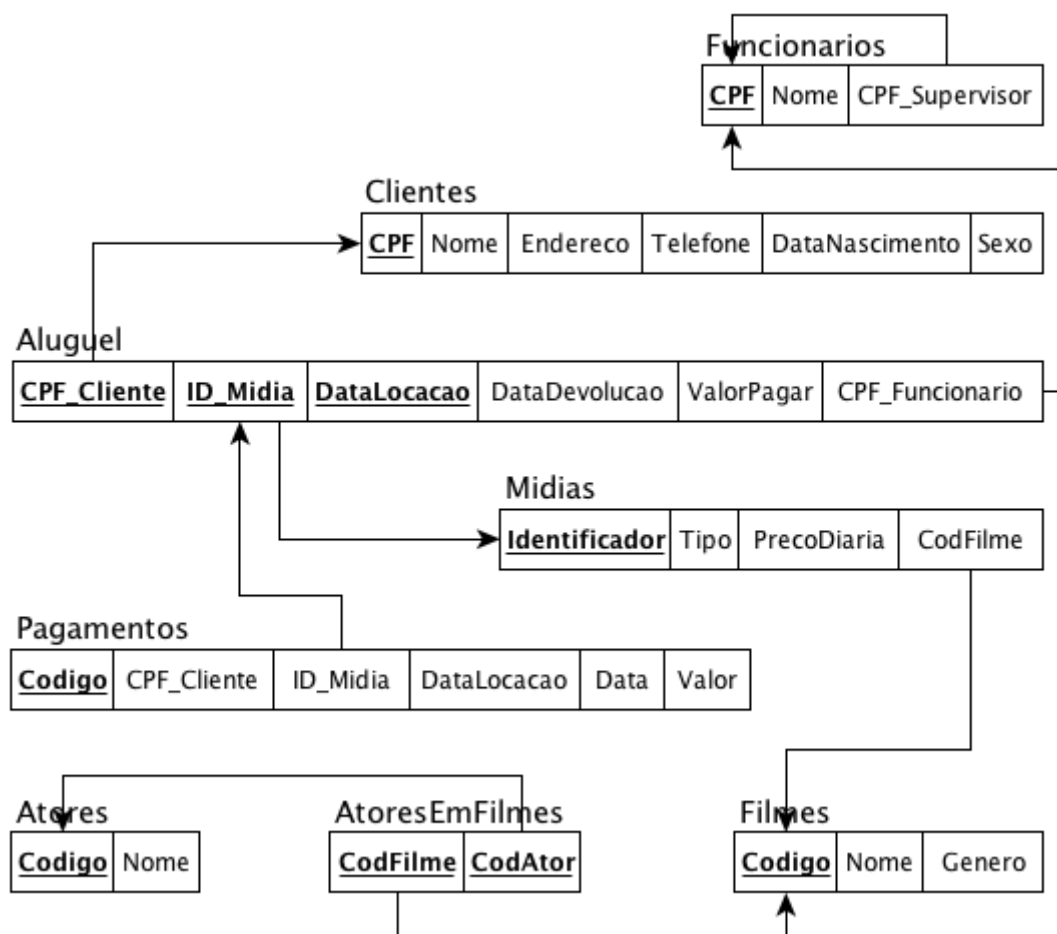


HO11

Enunciado:

Construir um índice multinível estático na chave primária e índices multinível dinâmicos com árvore B+ em cada chave estrangeira para cada arquivo (tabela) presente no modelo relacional abaixo, apresentando a blocagem (fator de bloco), o número de blocos necessários para armazenar o índice, o espaço total gasto para armazenar cada arquivo de índice e o número de acessos a blocos necessários para recuperar um registro usando cada índice construído.



Considere que o ponteiro para blocos de disco tem 16B, que o tamanho de bloco de disco é de 2KB, que um nó de árvore B+ seja armazenado em um bloco de disco, que a ocupação na árvore B+ seja de 69%, que cada ponteiro de nó da árvore B+ ocupe 12B, que os arquivos possuem registros de tamanho fixo, não espalhados e que eles têm a seguinte configuração de número de registros e tamanhos de campos:

- Atores (10.000 registros) → Codigo (16B), Nome (160B)
- Clientes (100.000 registros) → CPF (11B), Nome (160B), Endereco (200B), Telefone (16B), DataNascimento (12B), Sexo (1B)
- Filmes (2.000.000 registros) → Codigo (16B), Nome (160B), Genero (80B)
- Funcionarios (3.500 registros) → CPF (11B), Nome (160B)
- Midias (10.000.000 registros) → Identificador (24B), Tipo (8B), PrecoDiaria (24B)
- Aluguel (20.000.000 registros) → DataLocacao (12B), DataDevolucao (10B), ValorPagar (24B)
- Pagamentos (50.000.000 registros) → Codigo (48B), Data (12B), Valor (24B)

- AtoresEmFilmes (1.000.000 registros) Observem a existência de chaves estrangeiras que obviamente devem ser consideradas como campos integrantes dos arquivos.

Respostas: Índices Multinível Estático e Dinâmico (Árvore B+)

- **Dados do problema:**
 - Tamanho do Ponteiro de Bloco: 16B
 - Tamanho do Ponteiro de Nó (Árvore B+): 12B
 - Tamanho do Bloco de Disco: 2KB (ou seja, 2048 Bytes)
 - Ocupação da Árvore B+: 69%
- **Formulas que serão usadas:**
 - **Arquivo de Dados:**
 - Tamanho do Registro (R) = Soma dos campos
 - Fator de Bloco (F) = $\text{ piso}(2048 / R)$
 - Número de Blocos (B) = $\text{ teto}(\text{Total de Registros} / F)$
 - **Índice Multinível Estático (PK):**
 - Fator de Bloco do Índice (fo) = $\text{ piso}(2048 / (\text{Tam_PK} + 16))$
 - Blocos Nível 1 = $\text{ teto}(B / \text{fo})$
 - Blocos Nível 2 = $\text{ teto}(\text{Blocos Nível 1} / \text{fo})$, e assim por diante.
 - Acessos = h (altura do índice) + 1
 - **Índice Multinível Dinâmico - Árvore B+ (FK):**
 - Fator de Bloco Efetivo na Folha (F_B+_ocupado) = $\text{ teto}(\text{ piso}((2048 - 12) / (\text{Tam_FK} + 16)) * 0.69)$
 - Ponteiros Efetivos por Nó de Índice (P_no) = $\text{ teto}(\text{ piso}((2048 - 12) / (\text{Tam_FK} + 12)) * 0.69) + 1$
 - Blocos de Folha = $\text{ teto}(\text{Total de Registros} / F_B_ocupado)$
 - Blocos de Índice Nível 1 = $\text{ teto}(\text{Blocos de Folha} / P_no)$, e assim por diante.
 - Acessos = h (altura total da árvore) + 1

1. Tabela **ATORES**

- **Dados:** 10.000 registros, PK: **Codigo** (16B).
- **Arquivo de Dados:** R = 176B, F = 11, B = 910 blocos.
- **Índice Multinível Estático em **Codigo** (PK):**
 - **Fator de Bloco (fo):** $\text{ fo} = \text{ piso}(2048 / (16 + 16)) = 64$
 - **Cálculo dos Níveis (h=2):**
 - Nível 1: $\text{ teto}(910 / 64) = 15$ blocos
 - Nível 2 (Raiz): $\text{ teto}(15 / 64) = 1$ bloco
 - **Blocagem (fo):** 64
 - **Número de Blocos do Índice:** $15 + 1 = 16$ blocos
 - **Espaço Total:** $16 * 2048B = 32.768B$ (32 KB)
 - **Acessos a Bloco:** $2 + 1 = 3$

2. Tabela **CLIENTES**

- **Dados:** 100.000 registros, PK: **CPF** (11B).
 - **Arquivo de Dados:** $R = 400B$, $F = 5$, $B = 20.000$ blocos.
 - **Índice Multinível Estático em CPF (PK):**
 - **Fator de Bloco (fo):** $fo = \text{piso}(2048 / (11 + 16)) = 75$
 - **Cálculo dos Níveis (h=3):**
 - Nível 1: $\text{teto}(20000 / 75) = 267$ blocos
 - Nível 2: $\text{teto}(267 / 75) = 4$ blocos
 - Nível 3 (Raiz): $\text{teto}(4 / 75) = 1$ bloco
 - **Blocagem (fo):** 75
 - **Número de Blocos do Índice:** $267 + 4 + 1 = 272$ blocos
 - **Espaço Total:** $272 * 2048B = 557.056B$ (544 KB)
 - **Acessos a Bloco:** $3 + 1 = 4$
-

3. Tabela **FILMES**

- **Dados:** 2.000.000 registros, PK: **Codigo** (16B).
 - **Arquivo de Dados:** $R = 256B$, $F = 8$, $B = 250.000$ blocos.
 - **Índice Multinível Estático em Codigo (PK):**
 - **Fator de Bloco (fo):** $fo = \text{piso}(2048 / (16 + 16)) = 64$
 - **Cálculo dos Níveis (h=3):**
 - Nível 1: $\text{teto}(250000 / 64) = 3.907$ blocos
 - Nível 2: $\text{teto}(3907 / 64) = 62$ blocos
 - Nível 3 (Raiz): $\text{teto}(62 / 64) = 1$ bloco
 - **Blocagem (fo):** 64
 - **Número de Blocos do Índice:** $3.907 + 62 + 1 = 3.970$ blocos
 - **Espaço Total:** $3.970 * 2048B = 8.130.560B$ (~7.75 MB)
 - **Acessos a Bloco:** $3 + 1 = 4$
-

4. Tabela **FUNCIONARIOS**

- **Dados:** 3.500 registros, PK: **CPF** (11B), FK: **CPF_Supervisor** (11B).
- **Arquivo de Dados:** $R = 182B$, $F = 11$, $B = 319$ blocos.
- **Índice Multinível Estático em CPF (PK):**
 - **Fator de Bloco (fo):** $fo = \text{piso}(2048 / (11 + 16)) = 75$
 - **Cálculo dos Níveis (h=2):**
 - Nível 1: $\text{teto}(319 / 75) = 5$ blocos
 - Nível 2 (Raiz): $\text{teto}(5 / 75) = 1$ bloco
 - **Blocagem (fo):** 75

- **Número de Blocos do Índice:** $5 + 1 = 6$ blocos
 - **Espaço Total:** $6 * 2048B = 12.288B$ (12 KB)
 - **Acessos a Bloco:** $2 + 1 = 3$
 - **Árvore B+ em CPF_Supervisor (FK 11B):**
 - **Fator de Bloco (Folhas):** $F_{B+}_{ocupado} = 52$
 - **Ponteiros por Nó (Índice):** $P_{no} = 62$
 - **Cálculo dos Níveis (h=3):**
 - Nível 0 (Folhas): $teto(3500 / 52) = 68$ blocos
 - Nível 1 (Índice): $teto(68 / 62) = 2$ blocos
 - Nível 2 (Raiz): $teto(2 / 62) = 1$ bloco
 - **Blocagem (Fator Efetivo):** 52
 - **Número de Blocos do Índice:** $68 + 2 + 1 = 71$ blocos
 - **Espaço Total:** $71 * 2048B = 145.408B$ (~142 KB)
 - **Acessos a Bloco:** $3 + 1 = 4$
-

5. Tabela **MIDIAS**

- **Dados:** 10.000.000 registros, PK: **Identificador** (24B), FK: **CodFilme** (16B).
- **Arquivo de Dados:** $R = 72B$, $F = 28$, $B = 357.143$ blocos.
- **Índice Multinível Estático em Identificador (PK):**
 - **Fator de Bloco (fo):** $fo = \text{piso}(2048 / (24 + 16)) = 51$
 - **Cálculo dos Níveis (h=4):**
 - Nível 1: $teto(357143 / 51) = 7.003$ blocos
 - Nível 2: $teto(7003 / 51) = 138$ blocos
 - Nível 3: $teto(138 / 51) = 3$ blocos
 - Nível 4 (Raiz): $teto(3 / 51) = 1$ bloco
 - **Blocagem (fo):** 51
 - **Número de Blocos do Índice:** $7.003 + 138 + 3 + 1 = 7.145$ blocos
 - **Espaço Total:** $7.145 * 2048B = 14.632.960B$ (~13.95 MB)
 - **Acessos a Bloco:** $4 + 1 = 5$
- **Árvore B+ em CodFilme (FK 16B):**
 - **Fator de Bloco (Folhas):** $F_{B+}_{ocupado} = 44$
 - **Ponteiros por Nó (Índice):** $P_{no} = 51$
 - **Cálculo dos Níveis (h=5):**
 - Nível 0 (Folhas): $teto(10000000 / 44) = 227.273$ blocos
 - Nível 1 (Índice): $teto(227273 / 51) = 4.457$ blocos
 - Nível 2 (Índice): $teto(4457 / 51) = 88$ blocos
 - Nível 3 (Índice): $teto(88 / 51) = 2$ blocos
 - Nível 4 (Raiz): $teto(2 / 51) = 1$ bloco
 - **Blocagem (Fator Efetivo):** 44
 - **Número de Blocos do Índice:** $227.273 + 4.457 + 88 + 2 + 1 = 231.821$ blocos
 - **Espaço Total:** $231.821 * 2048B = 474.769.408B$ (~452.79 MB)

- **Acessos a Bloco:** $5 + 1 = 6$
-

6. Tabela **ALUGUEL**

- **Dados:** 20.000.000 registros, PK composta (47B), FKs: **CPF_Cliente** (11B), **ID_Midia** (24B), **CPF_Funcionario** (11B).
- **Arquivo de Dados:** $R = 92B$, $F = 22$, $B = 909.091$ blocos.
- **Índice Multinível Estático na PK Composta (47B):**
 - **Fator de Bloco (fo):** $fo = \text{piso}(2048 / (47 + 16)) = 32$
 - **Cálculo dos Níveis (h=4):**
 - Nível 1: $\text{teto}(909091 / 32) = 28.410$ blocos
 - Nível 2: $\text{teto}(28410 / 32) = 888$ blocos
 - Nível 3: $\text{teto}(888 / 32) = 28$ blocos
 - Nível 4 (Raiz): $\text{teto}(28 / 32) = 1$ bloco
 - **Blocagem (fo):** 32
 - **Número de Blocos do Índice:** $28.410 + 888 + 28 + 1 = 29.327$ blocos
 - **Espaço Total:** $29.327 * 2048B = 60.061.696B$ (~57.28 MB)
 - **Acessos a Bloco:** $4 + 1 = 5$
- **Árvore B+ em CPF_Cliente e CPF_Funcionario (FK 11B):**
 - **Fator de Bloco (Folhas):** $F_{B+}_{ocupado} = 52$
 - **Ponteiros por Nó (Índice):** $P_{no} = 62$
 - **Cálculo dos Níveis (h=5):**
 - Nível 0 (Folhas): $\text{teto}(20000000 / 52) = 384.616$ blocos
 - Nível 1 (Índice): $\text{teto}(384616 / 62) = 6.204$ blocos
 - Nível 2 (Índice): $\text{teto}(6204 / 62) = 101$ blocos
 - Nível 3 (Índice): $\text{teto}(101 / 62) = 2$ blocos
 - Nível 4 (Raiz): $\text{teto}(2 / 62) = 1$ bloco
 - **Blocagem (Fator Efetivo):** 52
 - **Número de Blocos:** $384.616 + 6.204 + 101 + 2 + 1 = 390.924$ blocos
 - **Espaço Total:** $390.924 * 2048B = 800.612.352B$ (~763.54 MB)
 - **Acessos a Bloco:** $5 + 1 = 6$
- **Árvore B+ em ID_Midia (FK 24B):**
 - **Fator de Bloco (Folhas):** $F_{B+}_{ocupado} = 35$
 - **Ponteiros por Nó (Índice):** $P_{no} = 40$
 - **Cálculo dos Níveis (h=5):**
 - Nível 0 (Folhas): $\text{teto}(20000000 / 35) = 571.429$ blocos
 - Nível 1 (Índice): $\text{teto}(571429 / 40) = 14.286$ blocos
 - Nível 2 (Índice): $\text{teto}(14286 / 40) = 358$ blocos
 - Nível 3 (Índice): $\text{teto}(358 / 40) = 9$ blocos
 - Nível 4 (Raiz): $\text{teto}(9 / 40) = 1$ bloco
 - **Blocagem (Fator Efetivo):** 35
 - **Número de Blocos:** $571.429 + 14.286 + 358 + 9 + 1 = 586.083$ blocos

- **Espaço Total:** $586.083 * 2048B = 1.200.300.032B$ (~1.12 GB)
 - **Acessos a Bloco:** $5 + 1 = 6$
-

7. Tabela **PAGAMENTOS**

- **Dados:** 50.000.000 registros, PK: **Codigo** (48B), FK composta (47B).
 - **Arquivo de Dados:** $R = 131B$, $F = 15$, $B = 3.333.334$ blocos.
 - **Índice Multinível Estático em **Codigo** (PK):**
 - **Fator de Bloco (fo):** $fo = \text{ piso}(2048 / (48 + 16)) = 32$
 - **Cálculo dos Níveis (h=5):**
 - Nível 1: $\text{teto}(3333334 / 32) = 104.167$ blocos
 - Nível 2: $\text{teto}(104167 / 32) = 3.256$ blocos
 - Nível 3: $\text{teto}(3256 / 32) = 102$ blocos
 - Nível 4: $\text{teto}(102 / 32) = 4$ blocos
 - Nível 5 (Raiz): $\text{teto}(4 / 32) = 1$ bloco
 - **Blocagem (fo):** 32
 - **Número de Blocos do Índice:** $104.167 + 3.256 + 102 + 4 + 1 = 107.530$ blocos
 - **Espaço Total:** $107.530 * 2048B = 220.221.440B$ (~210.02 MB)
 - **Acessos a Bloco:** $5 + 1 = 6$
 - **Árvore B+ na FK Composta (47B):**
 - **Fator de Bloco (Folhas):** $F_{B+_ocupado} = 23$
 - **Ponteiros por Nó (Índice):** $P_{no} = 25$
 - **Cálculo dos Níveis (h=6):**
 - Nível 0 (Folhas): $\text{teto}(50000000 / 23) = 2.173.914$ blocos
 - Nível 1 (Índice): $\text{teto}(2173914 / 25) = 86.957$ blocos
 - Nível 2 (Índice): $\text{teto}(86957 / 25) = 3.479$ blocos
 - Nível 3 (Índice): $\text{teto}(3479 / 25) = 140$ blocos
 - Nível 4 (Índice): $\text{teto}(140 / 25) = 6$ blocos
 - Nível 5 (Raiz): $\text{teto}(6 / 25) = 1$ bloco
 - **Blocagem (Fator Efetivo):** 23
 - **Número de Blocos:** $2.173.914 + 86.957 + 3.479 + 140 + 6 + 1 = 2.264.497$ blocos
 - **Espaço Total:** $2.264.497 * 2048B = 4.637.689.856B$ (~4.32 GB)
 - **Acessos a Bloco:** $6 + 1 = 7$
-

8. Tabela **ATORESEMFILMES**

- **Dados:** 1.000.000 registros, PK composta (32B), FKs: **CodFilme** (16B), **CodAtor** (16B).
- **Arquivo de Dados:** $R = 32B$, $F = 64$, $B = 15.625$ blocos.
- **Índice Multinível Estático na PK Composta (32B):**
 - **Fator de Bloco (fo):** $fo = \text{ piso}(2048 / (32 + 16)) = 42$
 - **Cálculo dos Níveis (h=3):**

- Nível 1: $\text{teto}(15625 / 42) = 373$ blocos
- Nível 2: $\text{teto}(373 / 42) = 9$ blocos
- Nível 3 (Raiz): $\text{teto}(9 / 42) = 1$ bloco
- **Blocagem (fo):** 42
- **Número de Blocos do Índice:** $373 + 9 + 1 = 383$ blocos
- **Espaço Total:** $383 * 2048B = 784.384B$ (766 KB)
- **Acessos a Bloco:** $3 + 1 = 4$
- **Árvore B+ em CodFilme e CodAtor (FK 16B):**
 - (O cálculo é idêntico para ambas as chaves, pois têm o mesmo tamanho).
 - **Fator de Bloco (Folhas):** $F_{B+}_{\text{ocupado}} = 44$
 - **Ponteiros por Nó (Índice):** $P_{\text{no}} = 51$
 - **Cálculo dos Níveis (h=4):**
 - Nível 0 (Folhas): $\text{teto}(1000000 / 44) = 22.728$ blocos
 - Nível 1 (Índice): $\text{teto}(22728 / 51) = 446$ blocos
 - Nível 2 (Índice): $\text{teto}(446 / 51) = 9$ blocos
 - Nível 3 (Raiz): $\text{teto}(9 / 51) = 1$ bloco
 - **Blocagem (Fator Efetivo):** 44
 - **Número de Blocos:** $22.728 + 446 + 9 + 1 = 23.184$ blocos
 - **Espaço Total:** $23.184 * 2048B = 47.480.832B$ (~45.28 MB)
 - **Acessos a Bloco:** $4 + 1 = 5$