Organização de arquivos

Estruturas de dados II

Prof. Allan Rodrigo Leite

Organização de arquivos

- Armazenamento de um pequeno volume de dados
  - Distribuição simples dos registros em um arquivo
    - Sem alguma estratégia para organização dos registros
  - Eficiente quando a frequência de acessos aleatórios não é elevada
    - Acesso aleatório é a recuperação de um registro em específico

- Armazenamento de um grande volume de dados ou aumento da complexidade dos acessos
  - Baixa eficiência no armazenamento e acessos aos registros
  - Requer técnicas sofisticadas para armazenamento e recuperação

Estratégias de organização de arquivos

- Diferentes cenários ou problemas com determinadas características requerem diferentes soluções para aumentar a eficiência
  - Arquivo sequencial simples
  - Arquivo sequencial ordenado
  - Arquivo sequencial-indexado
  - Arquivo indexado
  - Arquivo direto
  - Arquivo invertido

Definições sobre registros e arquivos

- Arquivo
  - Coleção de registros lógicos, representando um objeto ou entidade

- Registro lógico
  - Sequência de itens que representam campos ou atributos do registro
    - Atributo é uma propriedade constituída por nome, tipo e comprimento
    - Observação: o comprimento pode ser constante ou variável

- Registro físico
  - Armazenamento dos registros lógicos (leitura e gravação) em blocos
    - Tamanho do bloco coincide com uma unidade de armazenamento utilizada pelo meio físico (setores e trilhas de um hard-disk, por exemplo)
    - Cada bloco armazena um número inteiro de registros

Definições sobre registros e arquivos

- Chave
  - Sequência de um ou mais atributos de um registro

- Chave primária
  - Atributo que identifica exclusivamente cada registro do arquivo

- Chave secundária
  - Atributo utilizado para identificação (geralmente em índices)
  - Pode ter seu valor repetido em diferentes registros

- Chave de acesso
  - Chave utilizada para identificar registros em uma operação de leitura

Definições sobre registros e arquivos

- Argumento de pesquisa
  - Valor da chave de acesso em uma operação de leitura

- Chave de um registro
  - Valor de uma chave primária em um registro

- Chave de ordenação
  - Chave primária utilizada para estabelecer a sequência na qual devem ser dispostos (física ou logicamente) os registros de um arquivo

Arquivo sequencial simples

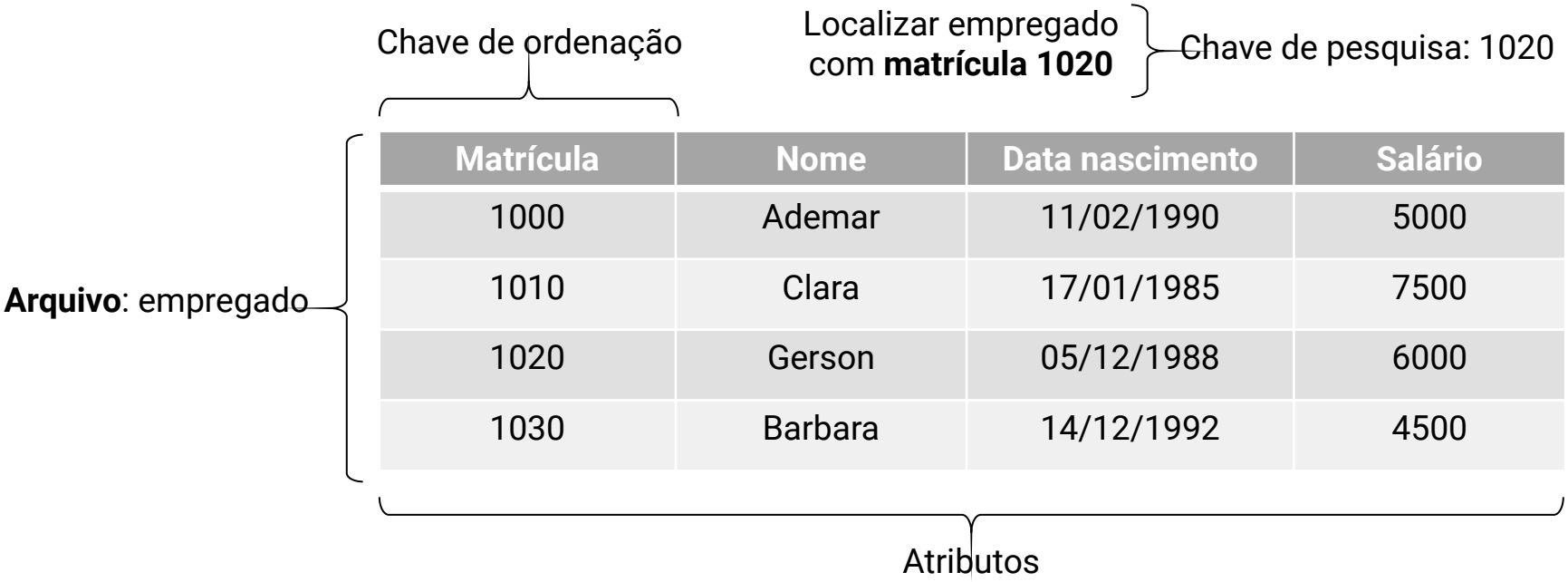
- Definição
  - Os registros são distribuídos em uma ordem arbitrária dentro do bloco
  - Isto é, os registros são dispostos um após o outro
  - Em geral a ordem pode ser a mesma da geração dos registros

- Vantagem
  - Simplicidade de implementação

- Desvantagem
  - Busca de registro por meio de acesso sequencial
  - Em casos de arquivos com muitos registros, esta busca é ineficiente

Arquivo sequencial ordenado

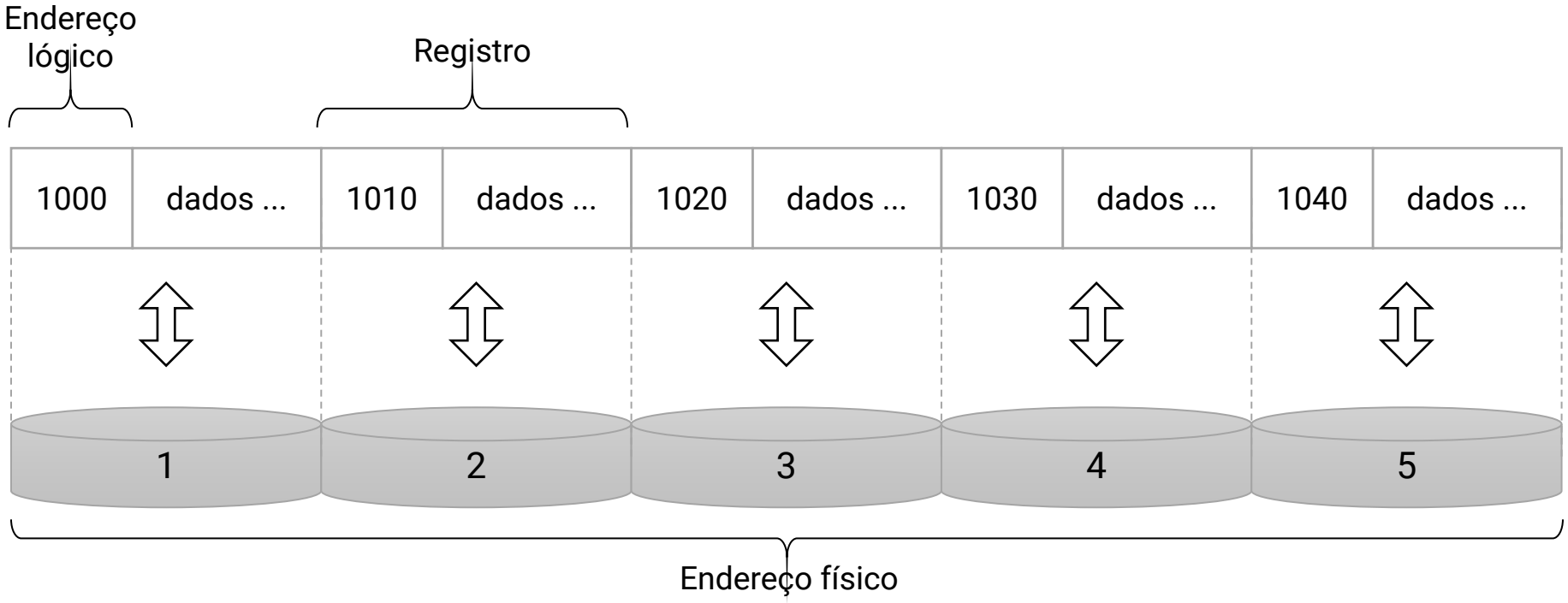
- Os registros estão dispostos ordenadamente
  - Sequência definida por uma chave primária (chave de ordenação)



Matrícula	Nome	Data nascimento	Salário
1000	Ademar	11/02/1990	5000
1010	Clara	17/01/1985	7500
1020	Gerson	05/12/1988	6000
1030	Barbara	14/12/1992	4500

Arquivo sequencial ordenado

- Estrutura do registro lógico e físico



Arquivo sequencial ordenado

- Principais características
  - Registros são gravados sequencialmente por suas respectivas chaves
    - Segue uma organização perfeita, tanto lógica quanto física
  - Registros possuem o mesmo formato
    - O valor de atributo está associado ao nome pela posição relativa no registro
    - A estrutura (layout) do registro é externa aos dados que ela descreve
    - A descrição é declarada nos programas por declarações de tipos e tamanhos
  - Campos alfanuméricos são dimensionados pelo tamanho máximo
    - Devido ao formato único para todas as ocorrências do registro
    - Portanto, pode ocorrer desperdício de posições de armazenamento

Arquivo sequencial ordenado

- Vantagens
  - Operação de acesso sequencial eficiente quando:
    - Acesso a um registro cuja chave de acesso coincide com a de ordenação
    - Leitura dos registros do arquivo na sequência da chave de ordenação

- Desvantagens
  - Operação de acesso (leitura) é ineficiente quando
    - Chave de acesso não coincide com a chave de ordenação
  - Operação de gravação no arquivo pode requerer uma reorganização
    - Inserção, alteração e remoção de registros em um arquivo

Arquivo sequencial ordenado

- Operações de acesso e manipulação de registros
  - Operações de leitura
    - Acesso sequencial aos registros
    - Acesso aleatório a um registro
    - Leitura exaustiva (*full-scan*) dos registros
  - Operações de gravação
    - Inserção de um novo registro
    - Remoção de um registro existente
    - Alteração de um registro existente
    - Reorganização do arquivo

Operações em arquivo sequencial ordenado

- Acesso sequencial a um registro
  - Recuperação do registro que segue ao último acessado na sequência, segundo a chave de ordenação

  - Acesso eficiente quando
    - Registros fisicamente armazenados na sequência de acesso
    - Na maioria dos acessos, o registro desejado já estará na memória
    - Por pertencer ao mesmo bloco de seu antecessor

  - Exemplo: acessar os 3 primeiros empregados ordenados pela matrícula

Operações em arquivo sequencial ordenado

- Acesso aleatório a um registro
  - Baseado em um argumento de pesquisa
  - Não requer relação com a ordenação física do arquivo

- Cenários
  - Chave de pesquisa não coincide com chave de ordenação
    - Neste caso o acesso é sequencial
  - Chave de pesquisa coincide com chave de ordenação
    - Em mídia de acesso sequencial, a comprovação de registro não encontrado é mais rápida
    - Em mídia de acesso direto, usa-se pesquisa binária ou por interpolação para maior eficiência

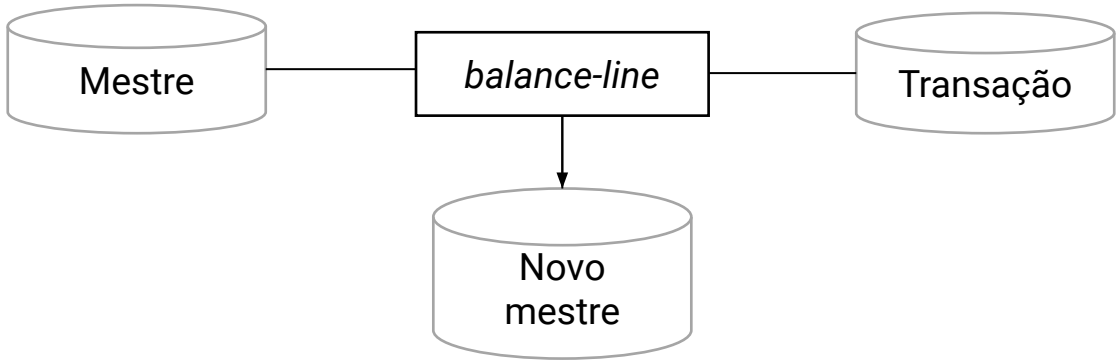
Operações em arquivo sequencial ordenado

- Inserção de um novo registro
  - Utiliza uma técnica conhecida como *balance-line*
  - Inserir um único registro requer o deslocamento dos demais

- *Balance-line*
  - Gravações são realizadas em um arquivo temporário
  - Periodicamente estas operações são efetivadas no arquivo original
  - Para a efetivação é realizada a intercalação dos arquivos
    - Esta intercalação (temporário e principal) resultará em um novo arquivo

Operações em arquivo sequencial ordenado

- Procedimentos para inserção de um novo registro
  - Criar um arquivo de transação (temporário) com registros a gravar
    - Transação é uma sequência de operações para consistência dos dados
    - Conduz os dados de um estado consistente para outro estado consistente
  - Ordenar o arquivo temporária da mesma forma que o arquivo mestre
  - Intercalar os dois arquivos periodicamente
    - Gera-se um novo mestre com os registros reorganizados



Operações em arquivo sequencial ordenado

- Exclusão de um registro existente
  - Usa-se *balance-line* ou atributo adicional
    - Atributo adicional para indicar o estado do registro como excluído
    - Ou seja, com atributo adicional exclusão é apenas lógica
    - Acesso de leitura deve ignorar os registros marcados como excluídos

- Alteração de um registro existente
  - Usa-se *balance-line*
  - A alteração pode
    - Causar aumento do tamanho do registro
    - Modificar valor do campo usado como chave de ordenação

Operações em arquivo sequencial ordenado

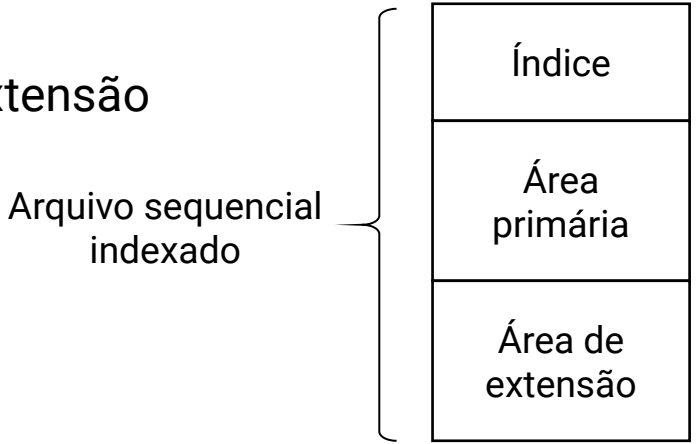
- Leitura exaustiva dos registros
  - Manipula em paralelo os arquivos mestre e transação

- Reorganização do arquivo
  - Operação de intercalação entre os arquivos mestre e transação

Arquivo sequencial indexado

- Arquivo sequencial
  - Acesso aleatório
    - Sequência de acesso pode não coincidir com a ordenação física do arquivo
    - Torna-se um problema quando o volume de acessos aleatórios é grande
    - Neste caso, o ideal é o uso de uma estrutura de acesso mais eficiente

- Arquivo sequencial indexado
  - Arquivo sequencial com índice e área de extensão



Arquivo sequencial indexado

- Um arquivo sequencial indexado é constituído por 3 áreas
  - Área de índices
    - Arquivo sequencial criado pelo sistema
    - Cada registro deste arquivo estabelece uma divisão na área primária
    - Contém o endereço do início do segmento e a chave mais alta do mesmo
    - O sistema pode acessar de maneira direta um segmento da área de índices
    - Similar a busca por um capítulo de um livro a partir de seu índice
  - Área primária (principal)
    - Reservada para manter os registros de dados
    - Os registros são classificados em ordem ascendente pela chave primária
  - Área de excedentes (*overflow*)
    - Reservada para novos registros que não podem ser mantidos na área principal

Arquivo sequencial indexado

- Índice
  - Conjunto de entradas formado por uma coleção de pares chave-valor
  - Cada entrada possui um valor de chave e um endereço do arquivo
  - Deve ser especificado um índice para cada chave de acesso
  - Permite uma rápida localização do endereço de um registro
    - A partir de um argumento de pesquisa

Início do bloco

Cada entrada identifica um bloco do arquivo

Valor da chave	Endereço
100	1
200	4
300	8
400	13
500	18

Arquivo sequencial indexado

- O índice pode ser organizado em múltiplos níveis

Matricula	Endereço
300	1
600	4
*	7

#	Matricula	Endereço
1	100	1
2	200	2
3	300	8
4	400	15
5	500	17
6	600	25
7	700	32
8	800	38
9	*	40

#	Matrícula	Nome	Salário
1	10	Carlos	5000
2	50	Roberto	7000
3	90	Angela	6000
4	105	Claudia	9000
5	120	Afonso	8000
6	180	Enio	5000
7	200	Ademar	4000
...	...	...	...

Índice em 2 níveis

Arquivo sequencial indexado

- Área de extensão
  - Contém os registros inseridos após a criação do arquivo principal
  - Extensão da área principal de dados do arquivo
  - Não é viável a realizar inserção de registros como em arquivo sequencial
    - Os registros podem mudar de endereço
    - Isto exige alterações das entradas dos índices

Arquivo sequencial indexado

- A área de extensão pode ser implementado de dois modos
  - Modo 1: cada registro da área de extensão possui um encadeamento indicando o seu antecessor ou sucessor
  - Modo 2: usar um atributo para encadeamento de cada bloco de registro contendo a lista de extensões do bloco

- Podem existir várias áreas de extensão em um mesmo arquivo
  - Uma para cada bloco ou grupo de blocos adjacentes
  - Uma ou mais áreas adicionais usadas sempre que ocorre uma inserção em um bloco cuja respectiva área de extensão já está cheia

Operações em arquivo sequencial indexado

- Operações de leitura
  - Acesso sequencial
    - Direto sobre a área de dados e extensão sem usar o índice
  - Acesso aleatório
    - Uso do índice para obter o endereço do próprio registro ou do seu bloco
    - Neste último caso, é necessária uma busca dentro do bloco
    - Também deve incluir mais acessos referentes à área de extensão
  - Leitura exaustiva (*full-scan*)
    - Igual ao acesso sequencial

Operações em arquivo sequencial indexado

- Operações de gravação
  - Inclusão
    - Usa as áreas de extensão
  - Exclusão
    - Pode ser utilizada a técnica de atributo adicional (exclusão lógica)
  - Alteração
    - Pesquisa-se o registro no arquivo
    - Se a alteração não afetar a chave de ordenação, o registro é sobrescrito
    - Do contrário, usa-se as operações de exclusão e inclusão

Operações em arquivo sequencial indexado

- Reorganização
  - O desempenho das operações (leitura e gravação) é degradado à medida que ocorre novas inclusões e exclusões de registros

  - A reorganização do índice deve ser realizada periodicamente para
    - Excluir (física e lógica) os registros excluídos
    - Sanear da área de extensão

  - Após a reorganização, um novo índice deve ser gerado
    - O intervalo de tempo entre cada reorganização deve ser estabelecido
    - A reorganização não deve ser realizada quando o arquivo estiver em uso
    - Exemplo: ao atingir mais que 75% de uso da área de extensão

Arquivo sequencial indexado

- Principais características
  - Permite acesso aleatório satisfatório
  - Permite acesso sequencial eficiente pela chave primária
    - Exemplo: impressão de relatório de todo estoque de um armazém
  - Facilita a inserção e exclusão de registros pelo uso da área de extensão

Arquivo indexado

- Motivação
  - Para oferecer um acesso sequencial eficiente, os arquivos sequenciais ordenados requerem que os registros fisicamente ordenados
  - Isto dificulta a inserção de um registro e exigindo
    - Utilização de áreas de extensão
    - Efetivação de reorganizações periódicas
  - A manutenção do sequência dos registros torna-se inviável quando
    - Frequência de acessos sequenciais for baixa
    - Frequência de acessos aleatórios for alta

- Definição
  - Existência de um ou mais índices para acesso aos registros
    - Não há qualquer compromisso com a ordem física dos registros
    - Considera a possibilidade de acesso por qualquer atributo do registro

Arquivo indexado

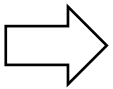
- Suporte a múltiplos índices
  - Podem existir um índice para cada chave de acesso aos registros
  - O índice tem um conjunto de entradas ordenadas pelas chaves de acesso
  - Permite uma busca mais eficiente e o acesso sequencial ao arquivo
  - Cada entrada do índice contém o valor do atributo e um ponteiro ao endereço físico do registro
    - Não há entradas cujos ponteiros direcionam para blocos de registros

- Classificações de índices
  - Exaustivo: quando possui uma entrada para cada registro do arquivo
  - Seletivo: uma entrada para cada subconjunto de registros

Índice exaustivo

Entrada	Matrícula	Endereço
1	1000	301
2	1010	302
3	1020	303
4	1030	304
5	1040	305
6	1050	306

Índice exaustivo (primário)



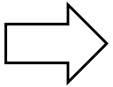
Endereço	Matrícula	Nome	Data nasc	Depto	Salário
301	1000	Ademar	11/02/90	A	5000
302	1010	Roberto	17/01/85	B	7500
303	1020	Gerson	05/12/88	A	6000
304	1030	Ieda	18/05/63	C	9000
305	1040	Bernardo	14/12/92	C	4500
306	1050	Angela	15/02/95	C	6500

Área de dados

Índice seletivo

Entrada	Matrícula	Endereço
1	1000	301
2	1010	302
3	1020	303
4	1030	304
5	1040	305
6	1050	306

Índice exaustivo (primário)



Endereço	Matrícula	Nome	Data nasc	Depto	Salário
301	1000	Ademar	11/02/90	A	5000
302	1010	Roberto	17/01/85	B	7500
303	1020	Gerson	05/12/88	A	6000
304	1030	Ieda	18/05/63	C	9000
305	1040	Bernardo	14/12/92	C	4500
306	1050	Angela	15/02/95	C	6500

Área de dados

Depto	Entrada
A	1, 3
B	2
C	4, 5, 6

Índice seletivo (departamento)

Salário	Entrada
5000	1, 5
6000	3, 4
7500	2, 6

Índice seletivo (salário)

Operações em arquivos indexados

- Operações de leitura
  - Acesso sequencial
    - Utiliza-se o índice apropriado cuja identificação é simplificada, pois as entradas dos índices são ordenadas
    - Neste caso, a memória mantem um bloco do índice, reduzindo o número de leituras ao disco (memória secundária)
  - Acesso aleatório
    - Requer uma busca sobre os índices que suportam a chave de acesso
  - Leitura exaustiva (full-scan)
    - São realizados sucessivos acessos sequenciais sobre o índice exaustivo

Operações em arquivos indexados

- Operações de gravação
  - Inclusão
    - O registro pode ser armazenado em qualquer endereço disponível
    - Os seus pares são inseridos nos índices correspondentes
    - Para o tratamento dos índices é utilizada uma estrutura chamada Árvore B
  - Exclusão
    - Liberada a área de dados ocupada pelo registro
    - Removidas as entradas nos índices correspondentes ao registro
  - Alteração
    - Primeiro busca-se o registro pela chave de acesso
    - Em seguida os atributos são alterados e gravados na mesma posição

Arquivo indexado

- Vantagens
  - Operação de inserção mais eficiente
  - Possibilidade de acessos aleatórios a partir dos índices

- Desvantagens
  - Acesso sequencial ineficiente
  - Necessidade de manutenção de um ou mais índices
  - Inserções ou alterações envolvendo atributos associados aos índices

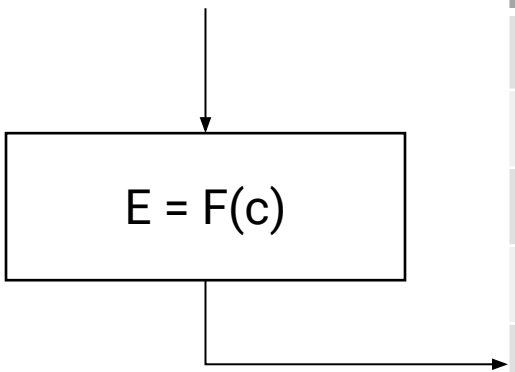
Arquivo direto

- Motivação
  - Acesso rápido aos registros especificados por argumentos de pesquisa, sem percorrer uma estrutura auxiliar (índice)

- Definição
  - Ao invés de um índice, é utilizada uma função (*hashing*) que calcula o endereço do registro a partir do valor da chave do registro

Arquivo direto

Argumento de pesquisa
c = 1040



Endereço	Matrícula	Nome	Data nasc	Depto	Salário
301	1000	Ademar	11/02/1990	A	5000
302	1010	Roberto	17/01/1985	B	7500
303	1020	Gerson	05/12/1988	A	6000
304	1030	Ieda	18/05/1963	C	6000
305	1040	Bernardo	14/12/1992	C	5000
306	1050	Angela	15/02/1995	C	7500

Onde:
E = Endereço
F = Função matemática (*hashing*)
c = Chave primária

Arquivo direto

- Abordagem similar ao arquivo indexado
  - Em ambos os casos o acesso aleatório é eficiente

- Diferenças para o arquivo indexado
  - No arquivo indexado o endereço é independente do valor da chave
  - No arquivo direto não são previstos acessos seriais

Funções para cálculo do endereço

- Funções determinísticas
  - Dada qualquer chave de acesso, sempre gera um único endereço
  - Em termos práticos não despertam maiores interesses

- Funções probabilísticas
  - O valor da chave de acesso gera um endereço tão único quanto possível
  - Quando houver coincidência esta situação é chamada de colisão
    - Duas chaves diferentes gerando o mesmo endereço
  - Objetivo das funções probabilísticas
    - Preservar a ordem dos registros
    - Aumentar o grau de unicidade (uniformidade) dos registros sobre o arquivo

Funções para cálculo do endereço

- Exemplo 1: arquivo de empregados
  - Dados os números das matrículas estejam entre 900 e 3150
  - Dados os endereços disponíveis da mídia estejam entre 1 e 37
  - Uma função escolhida para gerar estes endereços pode ser:

Função: $E(c) = \dfrac{(chave - menor\ matrícula) + 1}{(maior\ matrícula - menor\ matrícula) / 37}$

  - Se as chaves de acesso forem 1000, 1400 e 1600
    - Teremos os endereços 2, 9 e 12

Funções para cálculo do endereço

- Exemplo 1: arquivo de empregados

Função: $E(c) = \dfrac{(chave - 900) + 1}{(3150 - 900) / 37}$

- E(**1000**) = **2**
- E(**1400**) = **9**
- E(**1600**) = **12**

Endereço	Matrícula	Nome	Depto	Salário
1	900	Ademar	A	5000
2	**1000**	Roberto	B	7500
3	1010	Gerson	A	6000
4	1100	Ieda	C	6000
5				
6	1200	Sandra	C	7500
7	1300	Flavia	C	9000
8				
9	**1400**	Tatiana	A	8500
10	1480	Maria	B	6500
11				
12	**1600**	Diogo	B	4500
...	...	...	...	...

Funções para cálculo do endereço

- Exemplo 2: arquivo de empregados
  - Função que não preserva a ordem dos registros
  - Chamadas de função de aleatorização

Função: E(c) = (*chave* % 31) + 1

Ordem crescente

Chave	Endereço
1000	9
1050	28
1075	22
1100	16
1300	30

Ordem aleatória

Tratamentos de colisão

- Tratamento por endereçamento aberto
  - O endereço colidido é guardado no primeiro endereço livre

- Tratamento por encadeamento
  - Busca-se um endereço e adiciona uma ligação ao registro anterior
  - Neste caso, duas alternativas podem ser adotadas
    - Encadeamento puro: os registros que colidem formam uma lista encadeada na área de dados
    - Uso de áreas de extensão: semelhante à abordagem utilizadas em arquivo sequencial indexado

Operações em arquivo direto

- Operações de leitura
  - Acesso sequencial
    - Só é possível quando usada uma função que preserve a ordem dos registros
    - Neste caso, para o acesso sequencial basta ler a área de dados
  - Acesso aleatório
    - Aplica-se a função *hashing*
  - Leitura exaustiva
    - Mesmo princípio do acesso sequencial

Operações em arquivo direto

- Operações de gravação
  - Inserção
    - Aplica-se a função *hashing*
  - Exclusão
    - Usa-se o atributo adicional para exclusão lógica
  - Alteração
    - Quando não há chave de acesso, o registro deve ser localizado e alterado
    - Caso contrário, o registro é excluído e inserido

Arquivo invertido

- Motivação
  - Todas as técnicas de organização de arquivos vistas até então fazem uso da chave primária
  - Porém, existem técnicas voltadas para chaves secundárias
    - Oferece mais eficiência e flexibilidade para o acesso aleatório
    - Cada valor da chave de acesso está ligada uma lista de identificação
    - Esta lista de identificação de registros é chamada de lista invertida

- Estrutura de um arquivo invertido
  - Inversão: conjunto de listas invertidas ligadas a uma chave de acesso
  - Um arquivo pode ter uma ou mais inversões

Estrutura de um arquivo invertido

- Exemplo: arquivo com inversão ligada ao atributo departamento

Endereço	Matrícula	Nome	Data nasc	Depto	Salário
301	1000	Ademar	11/02/1990	A	5000
302	1010	Roberto	17/01/1985	B	7500
303	1020	Gerson	05/12/1988	A	6000
304	1030	Ieda	18/05/1963	C	9000
305	1040	Bernardo	14/12/1992	C	4500
306	1050	Angela	15/02/1995	C	6500

Área de dados

Depto	Endereço
A	301, 303
B	302
C	304, 305, 306

Índice invertido

Arquivo invertido

- Vantagem
  - Permite o acesso direto a um conjunto de registros

- Desvantagem
  - As listas só são válidas para aquela disposição física
    - Se o arquivo for reorganizado, as inversões terão que ser regeradas
  - Para lidar com isto, implementa-se as listas por chaves primárias
    - Entretanto, há uma perda de eficiência

Organização de arquivos

Estruturas de dados II

Prof. Allan Rodrigo Leite