

Organização de Arquivos

Leandro C. Cintra

M.C.F. de Oliveira

Rosane Minghim

2004 - 2013

Fonte: Folk & Zoelick, File Structures

PAE 2012: Rafael M. Martins

PAE 2013: Renato Oliveira



Organização de Arquivos

- Informações em arquivos são, em geral, organizadas logicamente em campos e registros
- Entretanto, campos e registros são conceitos lógicos, que não necessariamente correspondem a uma organização física
- Dependendo de como a informação é mantida no arquivo, campos lógicos sequer podem ser recuperados



Seqüência de bytes (*stream*)

- Exemplo:
 - Suponha que desejamos armazenar em um arquivo os nomes e endereços de várias pessoas
 - Suponha que decidimos representar os dados como uma seqüência de bytes (sem delimitadores, contadores, etc.)

AmesJohn123 MapleStillwaterOK74075MasonAlan90
EastgateAdaOK74820



Seqüência de bytes (*stream*)

- Uma vez escritas as informações, não existe como recuperar porções individuais (nome ou endereço)
- Desta forma, perde-se a integridade das unidades fundamentais de organização dos dados
 - Os dados são agregados de caracteres com significado próprio
 - Tais agregados são chamados **campos** (*fields*)



Organização em campos

- **Campo:**
 - **menor unidade lógica de informação** em um arquivo
 - uma noção lógica (ferramenta conceitual), não corresponde necessariamente a um conceito físico
- Existem várias maneiras de organizar um arquivo mantendo a identidade dos campos
 - A organização anterior não proporciona isso...



Métodos para organização em campos

- Comprimento fixo
- Indicador de comprimento
- Delimitadores
- Uso de *tags*



Métodos para organização em campos

(a)	Maria	Rua 1	123	São Carlos
	João	Rua A	255	Rio Claro
	Pedro	Rua 10	56	Rib. Preto

(b) 05Maria05Rua 10312310São Carlos
04João05Rua A0325509Rio Claro
05Pedro06Rua 10025610Rib. Preto

(c) Maria|Rua 1|123|São Carlos|
João|Rua A|255|Rio Claro|
Pedro|Rua 10|56|Rib. Preto|

(d) Nome=Maria|Endereço=Rua 1|Número=123|Cidade=São Carlos|
Nome=João|Endereço=Rua A|Número=255|Cidade=Rio Claro|
Nome=Pedro|Endereço=Rua 10|Número=56|Cidade=Rib. Preto|



Campos com tamanho fixo

- Cada campo tem tamanho pré-determinado
- Recuperação facilitada

```
struct {  
    char last[10];  
    char first[10];  
    char city[15];  
    char state[2];  
    char zip[9];  
} set_of_fields;
```



Campos com tamanho fixo

- Espaço alocado e não usado = **desperdício**
- Ruim para campos de dados com tamanho variável
- Razoável quando comprimento fixo ou com pouca variação



Campos com indicador de comprimento

- Tamanho de cada campo antes do dado
- Se tamanho do campo < 256 bytes
 - um único byte para indicar o comprimento



Campos separados por delimitadores

- Caracteres especiais inseridos ao final de cada campo
- Ex.: */*, *tab*, *#*, etc...
- Espaços em branco geralmente não servem



Uso de uma *tag* do tipo "keyword=value"

- Vantagem: informação (semântica)
- Facilidade de identificação de conteúdo do arquivo
- Facilidade de identificação de campos perdidos
- Possibilidade de padronização (html, XML, ...)
- **Desvantagem:** *keywords* ocupam espaço



Organização em registros

- **Registro:** conjunto de campos agrupado
- Nível de organização do arquivo é mais alto
- Também é uma ferramenta lógica, não física



Métodos para organização em registros

- Tamanho fixo
- Número fixo de campos
- Indicador de tamanho
- Uso de índice
- Utilizar delimitadores



Registros de tamanho fixo

Registro de tamanho fixo e campos de tamanho fixo:

Maria	Rua 1	123	São Carlos
João	Rua A	255	Rio Claro
Pedro	Rua 10	56	Rib. Preto

Registro de tamanho fixo e campos de tamanho variável:

Maria	Rua 1	123	São Carlos	← Espaço vazio →
João	Rua A	255	Rio Claro	← Espaço vazio →
Pedro	Rua 10	56	Rib. Preto	← Espaço vazio →

Registro com número fixo de campos:

Maria|Rua 1|123|São Carlos|João|Rua A|255|Rio Claro|Pedro|Rua 10|56|Rib. Preto|



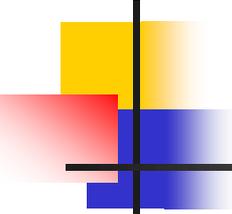
Registros de tamanho fixo

- Todos os registros têm o mesmo número de bytes
- Muito comum
- Possível registros de tamanho fixo com campos de tamanho variável



Registros com número fixo de campos

- Ao invés de números fixo de bytes, número fixo de campos
- O tamanho do registro é variável
- Campos separados por delimitadores



Registros de tamanho variável

Registro iniciados por indicador de tamanho:

28Maria|Rua 1|123|São Carlos|25João|Rua A|255|Rio Claro|27Pedro|Rua
10|56|Rib. Preto|

Arquivos de dados + arquivo de índices:

Dados: Maria|Rua 1|123|São Carlos|João|Rua A|255|Rio Claro|Pedro|Rua
10|56|Rib. Preto|
Índice: 00 29 44



Registro delimitado por marcador (#):

Maria|Rua 1|123|São Carlos|#João|Rua A|255|Rio Claro|#Pedro|Rua 10|56|Rib.
Preto|



Indicador de tamanho para registros

- O indicador que precede o registro fornece o seu tamanho total, em bytes
- Os campos são separados internamente por delimitadores
- Boa solução para registros de tamanho variável



Utilizar um índice

- Um índice externo poderia indicar o deslocamento de cada registro relativo ao início do arquivo
- Pode ser utilizado também para calcular o tamanho dos registros
- Os campos seriam separados por delimitadores...



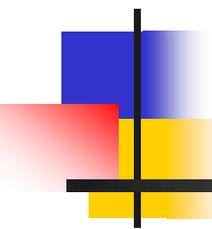
Utilizar delimitadores

- Separar os registros com delimitadores análogos aos de fim de campo
- O delimitador de campos é mantido, sendo que o método combina os dois delimitadores
- Note que delimitar fim de campo é diferente de delimitar fim de registro



Observação

- Ver programas em C e Pascal no material didático na Web e nos livros texto (*Folk 92, 98*) que ilustram a criação de arquivos com essas várias organizações



Acesso a registros



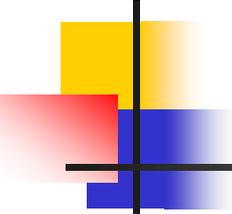
Chaves

- Chave (*key*) associada a um registro
 - **CONCEITO IMPORTANTE**
- **Chave primária:** identifica unicamente um registro
 - Ex.: N° USP, CPF, RG, etc.
- **Chave secundária:** pode ser utilizada para buscas simultâneas por vários registros (todos os registros de mesma chave)
 - Tipicamente, não identifica unicamente um registro
- Qualquer uma pode ser chave única, mas a primária **TEM** que ser única



Escolha de chaves

- A chave primária deve ser "*dataless*", isto é, sem significado
- Mudança de significado pode implicar na mudança do valor da chave
- "Ana", "ANA", ou "ana" devem levar ao mesmo registro
- **Formas canônicas** para as chaves: representação obedece uma regra



Busca: Desempenho da Busca Seqüencial

- Em RAM: **número de comparações** efetuadas para obter o resultado da pesquisa
- Em arquivos: **número de acessos a disco** necessários para obter o resultado
- **Mecanismo de avaliação do custo associado ao método:** contagem do número de chamadas à função de baixo nível READ()



Blocagem de Registros

- A parte mais lenta de uma operação de acesso a disco é o *seeking*
- A transferência dos dados, uma vez iniciada, é relativamente rápida, apesar de muito mais lenta que uma transferência de dados em RAM
- O custo de buscar e ler um registro, e depois buscar e ler outro, é maior que o custo de buscar (e depois ler) dois registros sucessivos de uma só vez
- **Pode-se melhorar o desempenho da busca seqüencial lendo um **bloco** de registros por vez, depois processar este bloco em RAM**



Exemplo de blocagem

- Um arquivo com 4.000 registros cujo tamanho médio é 512 bytes cada
- A busca seqüencial por um registro, sem blocagem, requer em média 2.000 leituras
- Trabalhando com blocos de 16 registros, o número médio de leituras necessárias cai para 125
- Cada READ gasta um pouco mais de tempo, mas o ganho é considerável devido à redução do número de READs (ou seja, de *seeks*)



Blocagem de registros

- Melhora o desempenho, mas o custo continua diretamente proporcional ao tamanho do arquivo, i.e., é $O(n)$
- Reflete a diferença entre o custo de acesso à RAM e o custo de acesso a disco
- Não altera o número de comparações em RAM
- Aumenta a quantidade de dados transferidos entre o disco e RAM
- Economiza tempo porque reduz o número de operações de *seeking*



Vantagens da Busca Seqüencial

- Fácil de programar
- Requer estruturas de arquivos simples



Busca seqüencial é razoável

- Na busca por uma cadeia em um arquivo ASCII
- Em arquivos com poucos registros (da ordem de 10)
- Em arquivos pouco pesquisados
- Na busca por registros com um certo valor de chave secundária, para a qual se espera muitos registros (muitas ocorrências)



Acesso Direto

- A alternativa mais radical ao acesso seqüencial é o **acesso direto**
- O acesso direto implica em realizar um *seeking* direto para o início do registro desejado (ou do setor que o contém) e ler o registro imediatamente
- É $O(1)$, pois um único acesso traz o registro, independentemente do tamanho do arquivo



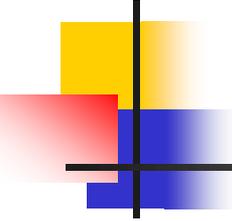
Posição do início do registro

- Para localizar a posição exata do início do registro no arquivo, pode-se utilizar um arquivo de índice separado
- Ou pode-se ter um **RRN** (*relative record number*) que fornece a posição relativa do registro dentro do arquivo



Posição de um registro com RRN

- Para utilizar o RRN, é necessário trabalhar com registros de tamanho fixo
 - Nesse caso, a posição de início do registro é calculada facilmente a partir do seu RRN:
 - *Byte offset* = RRN * Tamanho do registro
 - Por exemplo, se queremos a posição do registro com RRN 546, e o tamanho de cada registro é 128:
 - *Byte offset* = 546 x 128 = 69.888

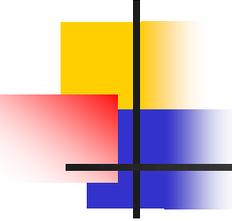


Acesso a arquivos X

Organização de arquivos

- **Organização de Arquivos**
 - registros de tamanho fixo
 - registros de tamanho variável

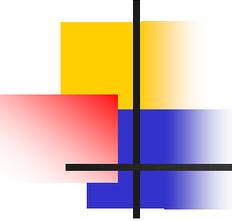
- **Acesso a arquivos**
 - acesso seqüencial
 - acesso direto



Acesso a arquivos X

Organização de arquivos

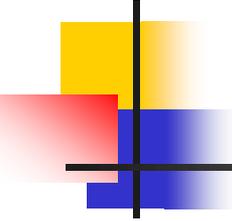
- Considerações a respeito da organização do arquivo
 - Arquivo pode ser dividido em campos?
 - Os campos são agrupados em registros?
 - Registros têm tamanho fixo ou variável?
 - Como separar os registros?
 - Como identificar o espaço utilizado e o "lixo"?
- Existem muitas respostas para estas questões
 - A escolha de uma organização em particular depende, entre outras coisas, do que se vai fazer com o arquivo



Acesso a arquivos X

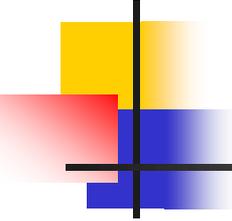
Organização de arquivos

- Arquivos que devem conter registros com tamanhos muito diferentes, devem utilizar registros de tamanho variável
- Como acessar esses registros diretamente?
- Existem também limitações da linguagem
 - C permite acesso a qualquer byte, e o programador pode implementar acesso direto a registros de tamanho variável
 - Pascal exige que o arquivo tenha todos os elementos do mesmo tipo e tamanho, de maneira que acesso direto a registros de tamanho variável é difícil de ser implementado



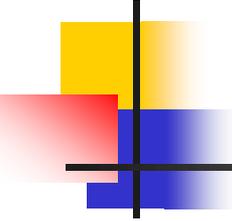
Modelos Abstratos de Dados

- **Objetivo:** Focar no conteúdo da informação, ao invés do seu formato físico
- As informações atuais tratadas pelos computadores (som, imagens, etc.) não se ajustam bem à metáfora de dados armazenados como seqüências de registros separados em campos



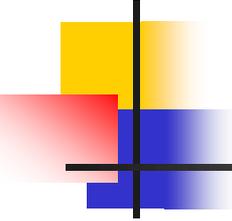
Modelos Abstratos de Dados

- É mais fácil pensar em dados deste tipo como objetos que representam som, imagens, etc. e que têm a sua própria maneira de serem manipulados
- O termo **modelo abstrato de dados** captura a noção de que o dado não precisa ser visto da forma como está armazenado – ou seja, permite uma visão dos dados orientada à aplicação e não ao meio no qual eles estão armazenados



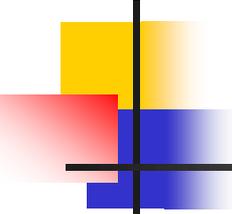
Registro Cabeçalho (*header record*)

- Em geral, é interessante manter algumas informações sobre o arquivo para uso futuro
- Essas informações podem ser mantidas em um cabeçalho no início do arquivo
- Algumas informações típicas são:
 - número de registros
 - tamanho de cada registro
 - campos de cada registro
 - datas de criação e atualização



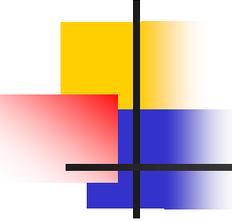
Registro Cabeçalho (*header record*)

- A existência de um registro cabeçalho torna um arquivo um objeto auto-descrito
- O software pode acessar arquivos de forma mais flexível



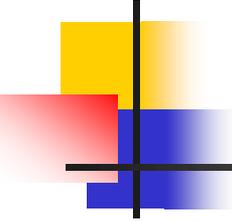
Arquivos auto-descritivos e cabeçalhos

- É possível colocar informações elaboradas nos cabeçalhos dos arquivos, de modo que o arquivo fique auto-descritivo
- Exemplo de informações no cabeçalho
 - nome de cada campo
 - largura de cada campo
 - número de campos por registro
 - quais campos são opcionais



Metadados

- **São dados que descrevem os dados primários em um arquivo**



Metadados

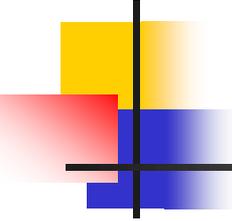
Exemplo: Formato FITS (Flexible Image Transport System)

- Armazena imagens de astronomia
- Um cabeçalho FITS é uma coleção de blocos de **2880 bytes** contendo registros de **80 bytes** ASCII, no qual cada registro contém um metadado
- O FITS utiliza o formato ASCII para o cabeçalho e o formato binário para os dados primários
- SIMPLE = T / Conforms to basic format
BITPIX = 16 / Bits per pixel
NAXIS = 2 / Number of axes
NAXIS1 = 256 / Ra axis dimension
NAXIS2 = 256 / Dec axis dimension
...
END



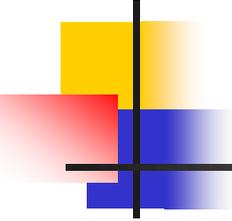
Metadados

- Vantagens de incluir metadados junto com os dados:
 - Torna viável o acesso ao arquivo por terceiros (conteúdo “auto-explicável”)
 - Portabilidade – define-se um padrão para todos os que geram/acessam certos tipos de arquivo
 - PDF, PS, HTML, TIFF
 - Permite conversão entre padrões



Recuperação dinâmica

- O procedimento de compactação é esporádico, i.e., um registro apagado não fica disponível para uso imediatamente
- Em aplicações interativas que acessam arquivos altamente voláteis, pode ser necessário um processo dinâmico de recuperação de espaços vazios
 - Marcar registros apagados
 - Identificar e localizar os espaços antes ocupados por esses registros, sem buscas exaustivas



Como localizar os espaços vazios?

- Registros de tamanho fixo
 - Lista encadeada de registros eliminados (Dispo)
 - Lista constitui-se de espaços vagos, endereçados por meio de seus RRNs
 - Cabeça da lista está no *header* do arquivo
 - Um registro eliminado contém o RRN do próximo registro eliminado
 - Inserção e remoção ocorrem sempre no início da lista (pilha!)

Registros de tamanho fixo

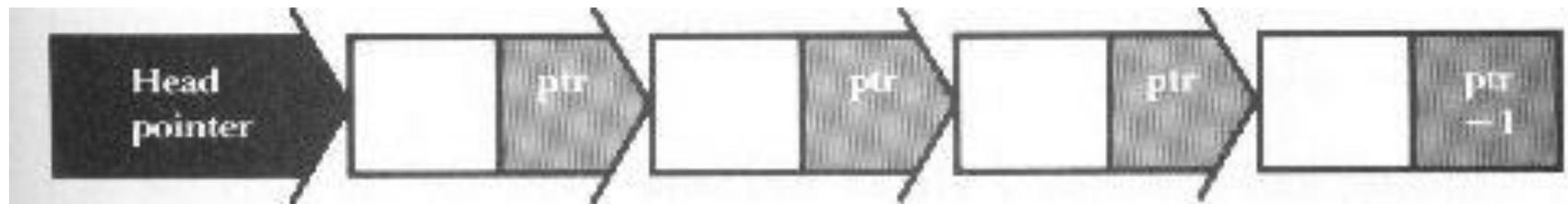
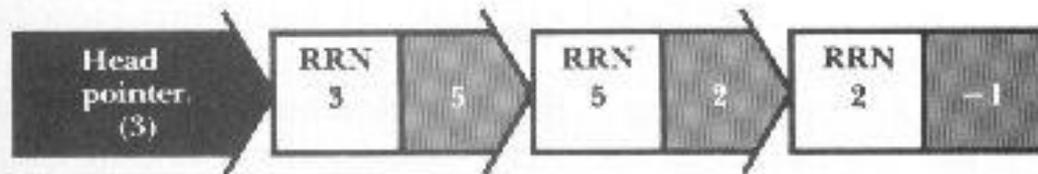
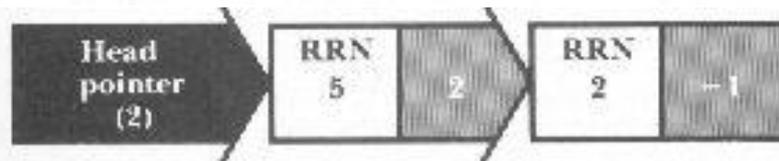


FIGURE 5.4 A linked list.



Pilha antes e depois da inserção do nó correspondente ao registro de RRN 3

Exemplo

List head (first available record) → 5

0	1	2	3	4	5	6
Edwards . . .	Bates . . .	Wills . . .	*-1	Masters . . .	*3	Chavez . . .

(a)

List head (first available record) → 1

0	1	2	3	4	5	6
Edwards . . .	*5	Wills . . .	*-1	Masters . . .	*3	Chavez . . .

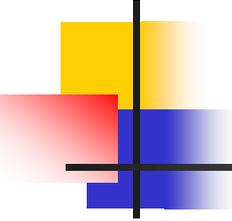
(b)

List head (first available record) → -1

0	1	2	3	4	5	6
Edwards . . .	<i>1st new rec</i>	Wills . . .	<i>3rd new rec</i>	Masters . . .	<i>2nd new rec</i>	Chavez . . .

(c)

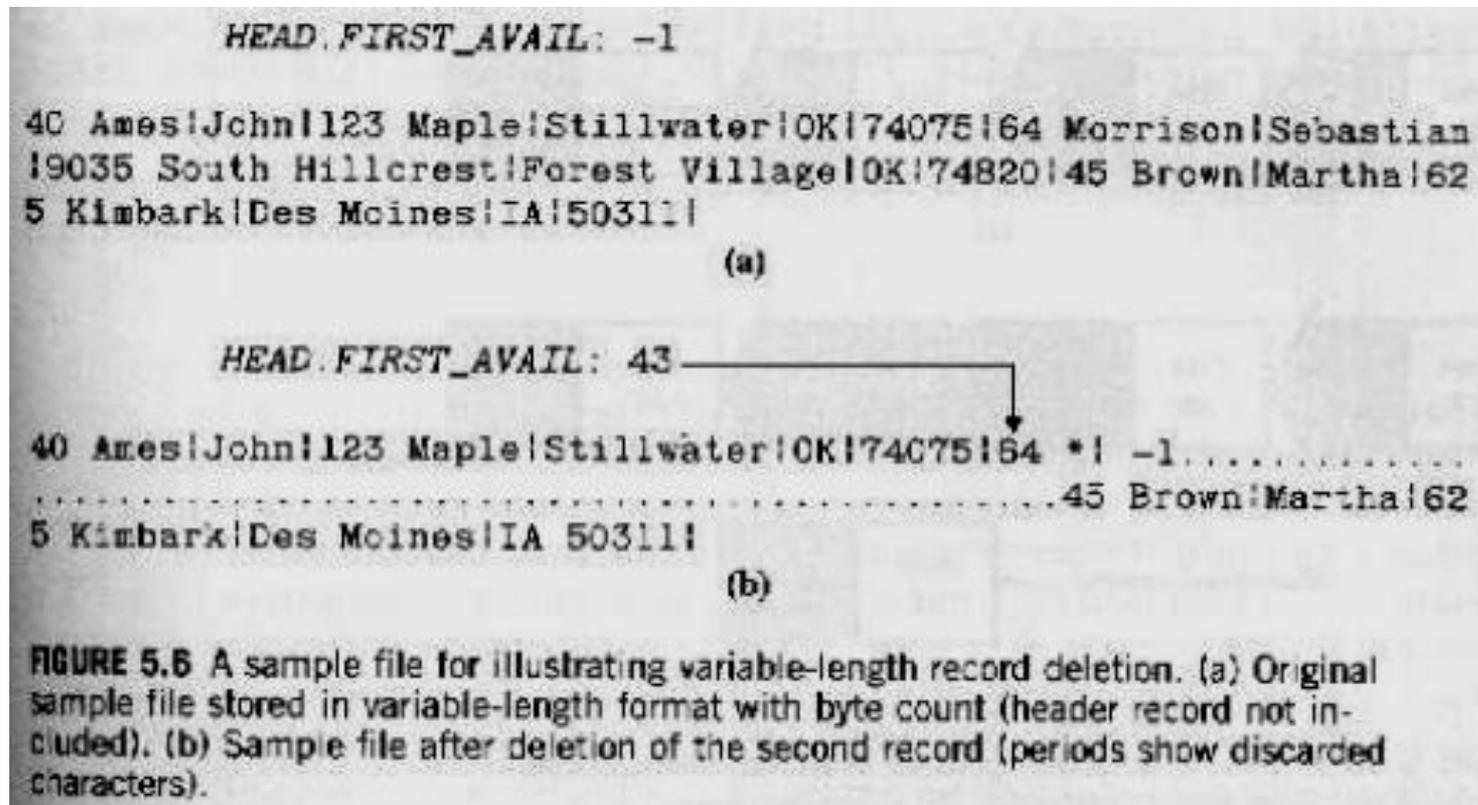
FIGURE 5.5 Sample file showing linked lists of deleted records. (a) After deletion of records 3 and 5, in that order. (b) After deletion of records 3, 5, and 1, in that order. (c) After insertion of three new records.



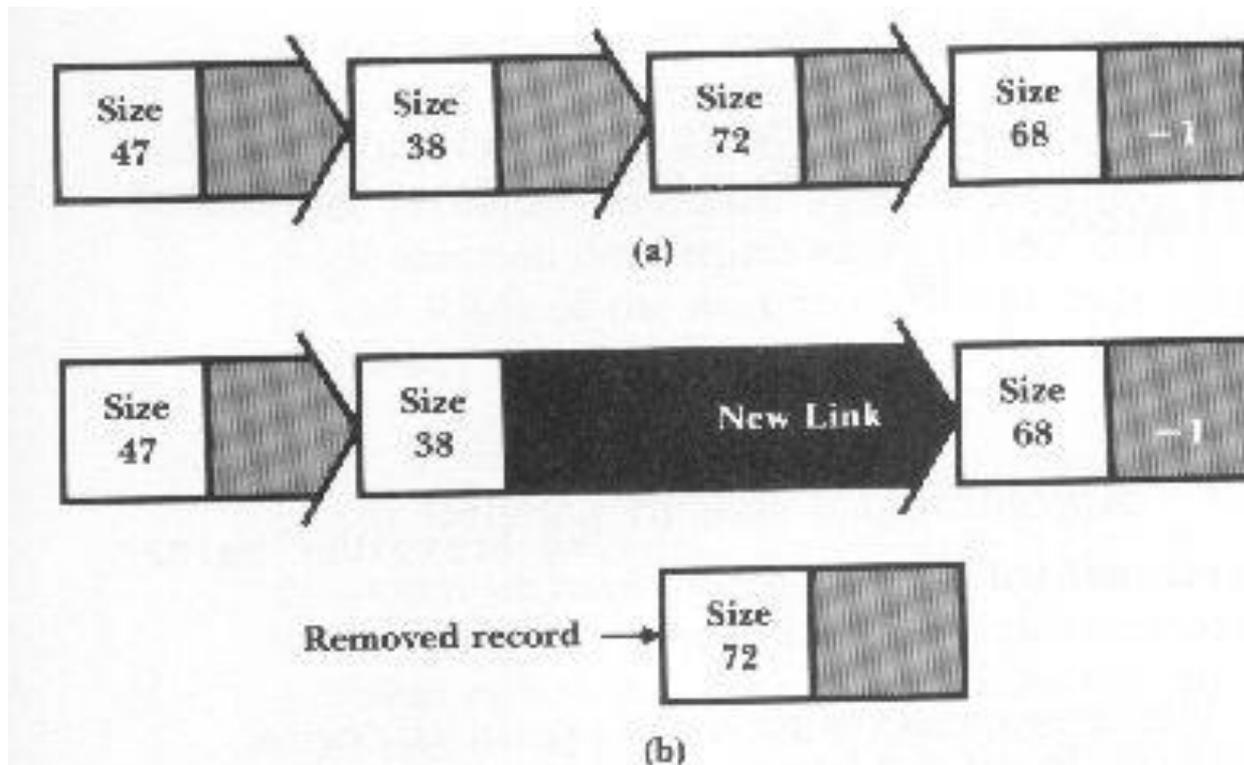
Como localizar os espaços vazios?

- Registros de tamanho variável
 - É necessário uma busca seqüencial na lista para encontrar uma posição com espaço suficiente
- Estratégias de alocação
 - First-fit
 - Best-fit
 - Worst-fit

Remoção de registros

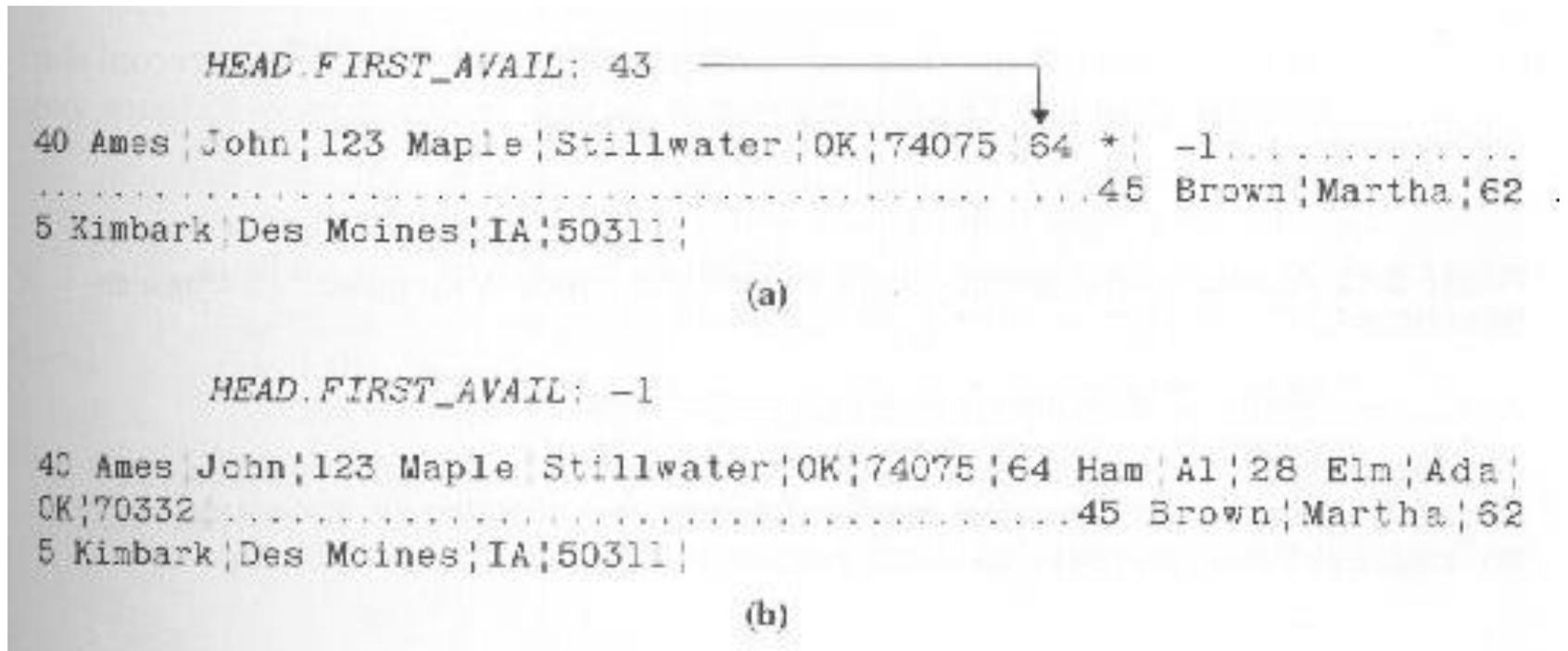


Remoção da lista



Remoção de registro de tamanho variável.
(a) Antes da remoção. (b) Depois da remoção.

Fragmentação



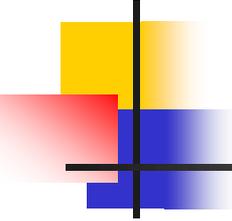
- (a) Depois da remoção do segundo registro (caracteres não-utilizados são substituídos por pontos).
- (b) Depois da adição do novo registro.

Combatendo a fragmentação

```
HEAD.FIRST_AVAIL: 43
└──────────────────┘
40 Ames;John;123 Maple;Stillwater;OK;74075;35 * -1.....
.....26 Ham;Al;28 Elm;Ada;OK;70332;45 Brown;Martha;6
25 Kimbark;Des Moines;IA;50311;
```

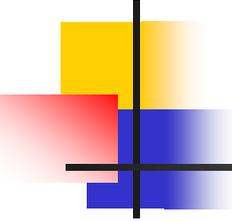
FIGURE 5.11 Combatting internal fragmentation by putting the unused part of the deleted slot back on the avail list.

Combatendo a fragmentação interna, colocando partes não-utilizadas do espaço deletado de volta na lista



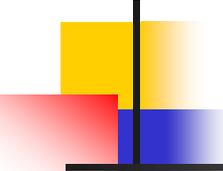
Compactação

- **Compactação:** consiste na busca por regiões do arquivo que não contém dados e posterior recuperação desses espaços perdidos
- Os espaços vazios são provocados, por exemplo, pela eliminação de registros



Eliminação de registros

- Deve existir um mecanismo que permita reconhecer quando uma área corresponde a um registro que foi eliminado
- Geralmente, isso é feito colocando um marcador especial no lugar do registro apagado
- Quando o procedimento de compactação é ativado, o espaço de todos os registros marcados é recuperado de uma só vez
- Se existe espaço suficiente, a maneira mais simples de compactar é executando um programa de cópia de arquivos que "pule" os registros apagados



Processo de compactação

FIGURE 5.3 Storage requirements of sample file using 64-byte fixed-length records. (a) Before deleting the second record. (b) After deleting the second record. (c) After compaction—the second record is gone.

```
Ames|John|123 Maple|Stillwater|OK|74075|.....  
Morrison|Sebastian|9035 South Hillcrest|Forest Village|OK|74820|  
Brown|Martha|625 Kimbark|Des Moines|IA|50311|.....
```

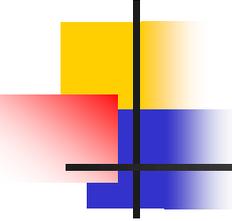
(a)

```
Ames|John|123 Maple|Stillwater|OK|74075|.....  
^|Morrison|Sebastian|9035 South Hillcrest|Forest Village|CK|74820|  
Brown|Martha|625 Kimbark|Des Moines|IA|50311|.....
```

(b)

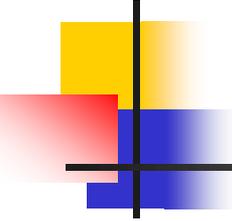
```
Ames|John|123 Maple|Stillwater|OK|74075|.....  
Brown|Martha|625 Kimbark|Des Moines|IA|50311|.....
```

(c)



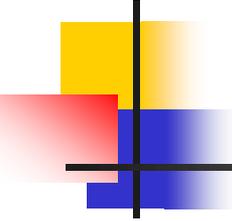
Compressão de dados

- A *compressão de dados* envolve a codificação da informação de modo que o arquivo ocupe menos espaço
 - Transmissão mais rápida
 - Processamento seqüencial mais rápido
- Algumas técnicas são gerais, outras específicas para certos tipos de dados, como voz, imagem ou texto
- Técnicas reversíveis *vs.* irreversíveis
- A variedade de técnicas é enorme



Técnicas

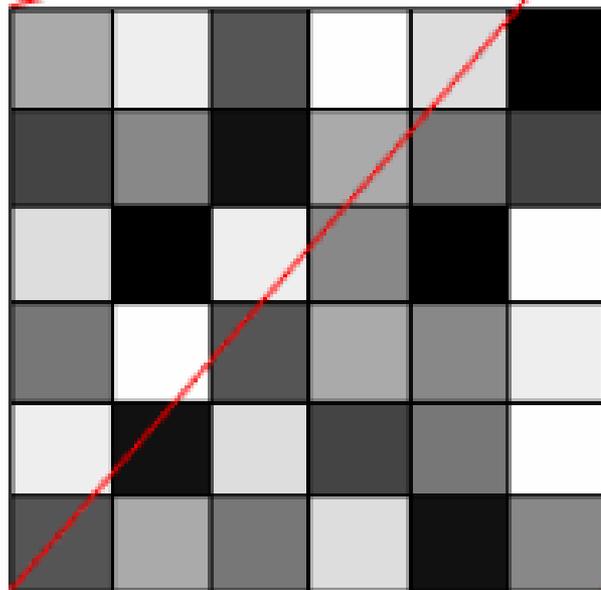
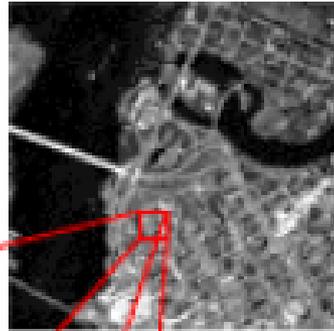
- **Redução de Redundância**
- **Omissão de seqüências repetidas**
- **Códigos de tamanho variável:
Código de Huffman**



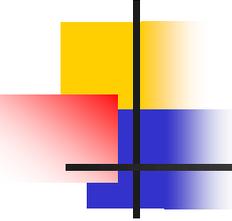
Redução de Redundância

- Exemplo:
 - Códigos de estado, armazenados na forma de texto: 2 bytes
 - Mas como existem 50 estados (nos EUA!), pode-se armazenar os estados em 6 bits
 - Pode-se, então, guardar a informação em 1 byte e economizar 50% do espaço
 - Desvantagens?
 - Legibilidade, codificação/decodificação...

Omissão de seqüências repetidas

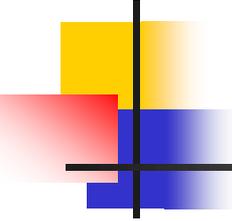


170	238	85	255	221	0
68	136	17	170	119	68
221	0	238	136	0	255
119	255	85	170	136	238
238	17	221	68	119	255
85	170	119	221	17	136



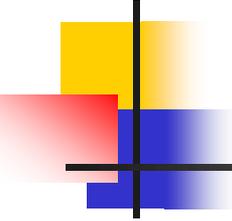
Omissão de seqüências repetidas

- Para a seqüência
 - 22 23 24 24 24 24 24 24 24 25 26 26 26
26 26 26 25 24
- Usando 0xff como código de *run-length*
 - 22 23 ff 24 07 25 ff 26 06 25 24
- Garante redução de espaço sempre?



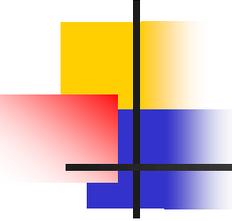
Código de Huffman

- No código ASCII: 1 byte por caracter (fixo)
 - 'A' = 65 (8 bits)
 - Cadeia 'ABC' ocupa 3 bytes
- Huffman: exemplo de código de tamanho variável
 - Idéia: valores mais freqüentes são associados a códigos menores



Código de Huffman

- Se letras que ocorrem com frequência têm códigos menores, as cadeias tendem a ficar mais curtas...
- Requer informação sobre a frequência de ocorrência de cada símbolo a ser codificado
- Muito usado para codificar texto



Código de Huffman

- Exemplo

Alfabeto: {A, B, C, D}

Freqüência: $A > B > C = D$

Possível codificação:

$A = 0, B = 110, C = 10, D = 111$

Cadeia: A B A C C D A

Código: 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0

Codificação não pode ser ambígua!

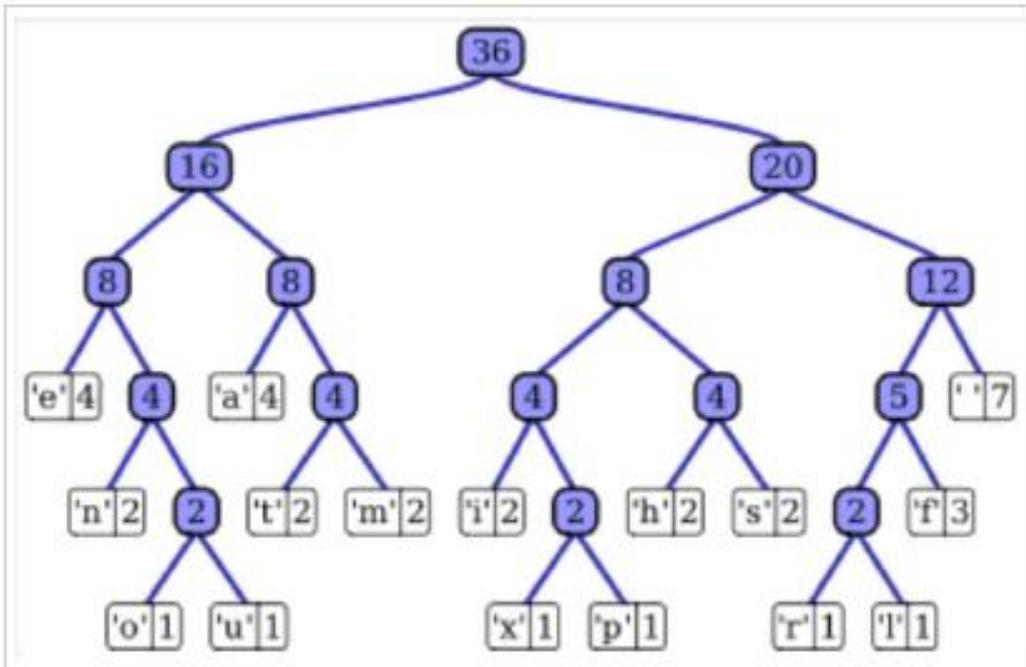
Ex. $A = 0, B = 01, C = 1$

A C B A = 0 1 0 1 0

É possível decodificar??

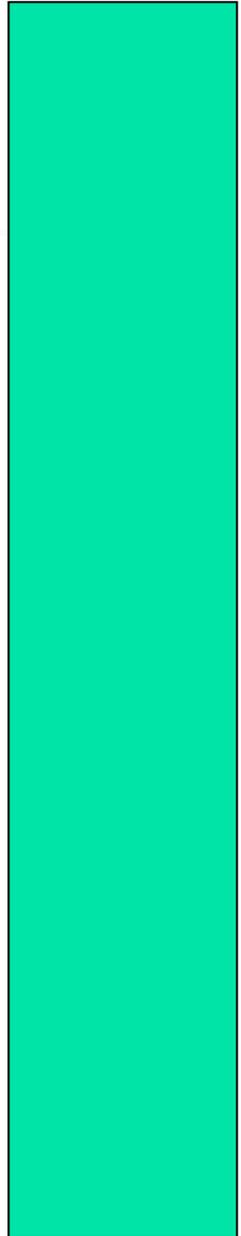
Código de Huffman

Exemplo



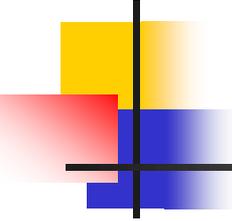
Carac Freq Cód

espaço	7
a	4
e	4
f	3
h	2
i	2
m	2
n	2
s	2
t	2
l	1
o	1
p	1
r	1
u	1
x	1



"this is an example of a huffman tree".

Fonte: wikipedia



Código de Huffman

enquanto tamanho(alfabeto) > 1:

 S0 := retira_menor_probabilidade(alfabeto)

 S1 := retira_menor_probabilidade(alfabeto)

 X := novo_nó

 X.filho0 := S0

 X.filho1 := S1

 X.probabilidade := S0.probabilidade + S1.probabilidade

 insere(alfabeto, X)

fim enquanto

X = retira_menor_símbolo(alfabeto) # nesse ponto só existe um símbolo.

para cada folha em folhas(X):

 código[folha] := percorre_da_raiz_até_a_folha(folha)

fim para