Sistema de Ficheiros

- Descrição genérica
  - introdução
  - organização de nomes
  - tipos de ficheiros
  - protecção no acesso
  - relação com E/S
- Estrutura Interna
- Sistema de Ficheiros Linux

Sistema de Ficheiros

- O que é?
  - conjunto de ficheiros, directórios, descritores e estruturas de dados auxiliares geridos por um módulo do sistema operativo (**Sistema de Gestão de Ficheiros**)
  - permitem estruturar o armazenamento e a recuperação de dados persistentes em um ou mais dispositivos de memória secundária (discos ou bandas magnéticas)
- ficheiro
  - conjunto de dados persistentes, geralmente relacionados, identificado por um nome
  - é composto por:
    - nome: identifica o ficheiro perante o utilizador
    - descritor de ficheiro: estrutura de dados em memória secundária com informação sobre o ficheiro (dimensão, datas de criação, modificação e acesso, dono, autorizações de acesso)
    - informação: dados guardados em memória secundária

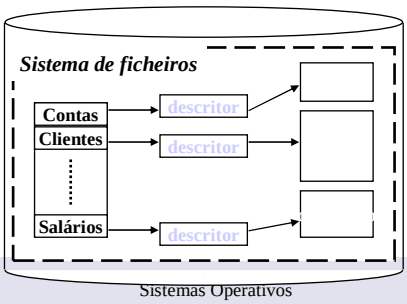
Sistema de Ficheiros (2)

- visão global:
  - um ficheiro é identificado por um caminho de acesso (*pathname*) podendo eventualmente existir diversos caminhos de acesso para o mesmo ficheiro
  - cada ficheiro tem associado um único *index node* (*inode*) que contém informação de localização e informação de gestão
  - o sistema encarrega-se de a partir do caminho acesso, determinar o *inode* correspondente para todas as operações que envolvam ficheiros

Sistema de Ficheiros (3)

Directório:

- catálogo de nomes de ficheiros (ou directórios) que estabelece a associação entre os nomes e os seus descritores
- um directório pode conter os descritores ou apenas os seus identificadores
- um directório, tal como um ficheiro, também é composto por um nome, um descritor, e informação



Elementos a analisar do SGF

- Modelo computacional:
  - princípios gerais da interface programática com o sistema de ficheiros
- Estrutura interna do sistema de ficheiros:
  - organização da informação
- Controlo dos dispositivos de memória secundária:
  - controlo dos discos físicos, optimização da leitura/escrita, tamanho dos blocos em disco, etc.

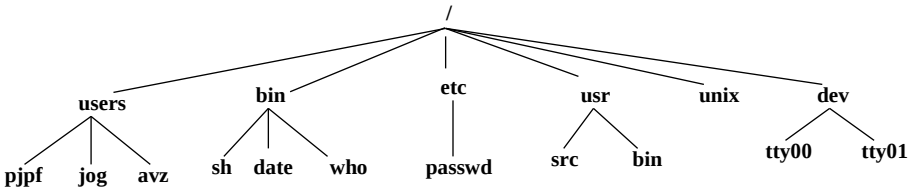
Modelo Computacional

- Criação, abertura, fecho e eliminação de ficheiros:
  - Criar (Nome, Protecção)
  - Fd = Abrir (Nome, Modo)
  - Fechar (Fd)
  - Eliminar (Nome)
- Operações sobre ficheiros abertos:
  - Ler (Fd, Tampão, NumRegistos)
  - Escrever (Fd, Tampão, NumRegistos)
  - Posicionar (Fd, PosiçãoRegisto)
- Operações complexas sobre ficheiros:
  - LerAtributos (Nome, Tampão)
  - AlterarAtributos (Nome, Tampão)
  - Mover (NomeOriginal, NovoNome)
- Operações sobre directórios:
  - ListaDir (Nome, Tampão)
  - MudaDir (Nome)
  - CriaDir (Nome, Protecção)

Organização dos Nomes dos Ficheiros

- Um nome por cada ficheiro num directório único a nível da máquina
- Um nome por cada ficheiro num directório único para cada utilizador
- Organização hierárquica (árvore):
  - solução proposta no **Multics**
  - os directórios contém caminhos de acesso para nós descendentes a partir de um directório raiz
  - ficheiros e directorias vazias são nós terminais (folhas)
  - caminho de acesso (pathname): cadeia de caracteres que localiza um ficheiro ou directoria na árvore
  - nomes absolutos ou relativos:
    - absoluto: caminho de acesso desde a raiz
    - relativo: caminho de acesso a partir do directório corrente
  - directório corrente mantido para cada processo como parte do seu contexto

Organização Hierárquica



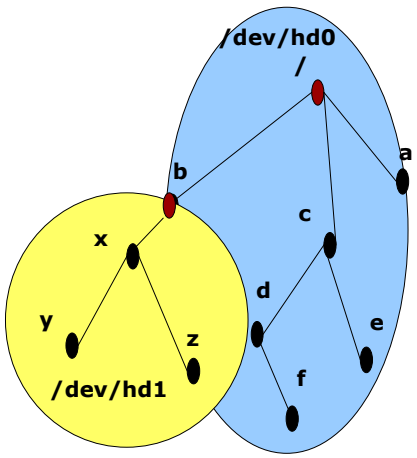
Sistema de Ficheiros em Árvore

Organização dos Nomes dos Ficheiros (2)

Uniformidade dos nomes:

- UNIX
  - ficheiros, directórios e dispositivos são referenciados usando a mesma sintaxe para o caminho de acesso
  - um dispositivo contendo um sistema de ficheiros pode ser montado num directório; a raiz desse sistema de ficheiros fica acessível através do caminho de acesso desse directório
- MS-DOS
  - espaço de nomes uniforme para ficheiros e directórios, tendo os dispositivos que ser referenciados de modo diferente (explícita ou implicitamente); existe o conceito de dispositivo corrente e de directório corrente por dispositivo
    - exemplo: A:\b\c\d
- VMS
  - não possui uniformidade de nomes
    - exemplo: a:[b.c]d

Uniformidade do Espaço de Nomes




```
mount –t <filesystem> /dev/hd1 /b
```

Organização dos Nomes dos Ficheiros (3)

- Extensões:
  - extensões convencionais (ex. UNIX)
    - o sistema de ficheiros não as reconhece, são mantidas pelos utilizadores e assumidas pelas ferramentas que manipulam ficheiros
  - extensões obrigatórias (ex. MS-DOS, VMS)
    - um nome de ficheiro é composto por nome.extensão (8+3 no MS-DOS), o separador "." não faz parte do nome guardado pelo sistema de ficheiros; ambas as componentes podem ser nulas

Tipos de Ficheiros

O tipo de um ficheiro depende do seu conteúdo e forma de acesso:

- conteúdo: conjunto de registos (de dimensão fixa ou variável)
- Forma de acesso aos registos:
  - acesso sequencial:
    - para se ler o registo N é necessário ler os N-1 registos anteriores
    - para alterar um registo é preciso ler o ficheiro todo e escrevê-lo de novo com o registo alterado
  - acesso directo:
    - pode-se aceder directamente a um registo sem aceder aos anteriores
    - não se pode inserir um novo registo entre outros dois
  - acesso por chave:
    - os registos são identificados por chaves alfanuméricas reconhecidas pelo sistema de ficheiros (Indexed Sequential Access Method)

Protecção

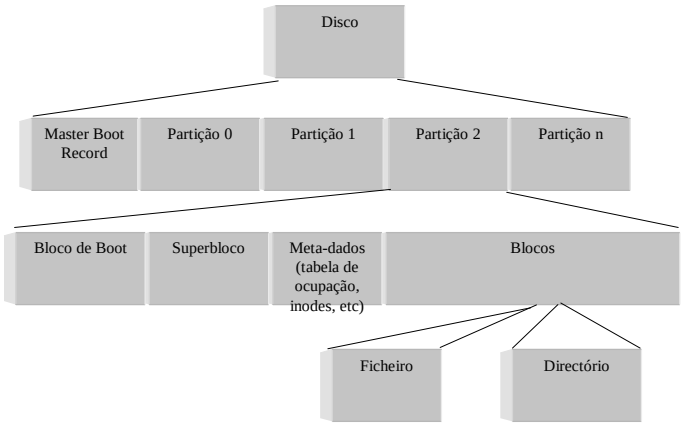
- Estabelecimento da protecção quando o ficheiro é criado:
  - A informação de protecção é guardada no descritor do ficheiro e está normalmente relacionada com o utilizador responsável pela sua criação, o qual é reconhecido como o seu dono
  - o dono de um ficheiro pode ser alterado durante o tempo de vida de um ficheiro
- Verificação dos direitos de acesso de um processo a um ficheiro pelas funções sistema do sistema de ficheiros
- Especificação dos direitos de acesso a um ficheiro:
  - listas de acesso para múltiplos utilizadores (Multics, opcional no VMS, Windows)
  - definição de grupos de utilizadores e de direitos de acesso a um ficheiro para o dono, para um grupo de utilizadores e para os demais utilizadores (UNIX)

Estrutura Interna do Sistema de Ficheiros

Dispositivos de Memória Persistente

- dispositivos lógicos:
  - um dispositivo físico subdivide-se em segmentos contíguos chamados dispositivos lógicos, partições ou volumes
  - o sistema de ficheiros gere os acessos aos dispositivos lógicos
- pode-se considerar um dispositivo lógico como um vector de blocos:
  - os blocos têm uma dimensão múltipla da dos sectores (512 ou 1024 bytes) e, em máquinas de memória paginada, geralmente igual à das páginas
  - a informação dos ficheiros é guardada em grupos de blocos chamados segmentos (extents)
  - para diminuir a fragmentação é possível reaproveitar partes dos segmentos para outros ficheiros
- superbloco:
  - informação geral de descrição do sistema de ficheiros do dispositivo

Entidades constituintes do Sistema de Ficheiros no dispositivo de memória secundária

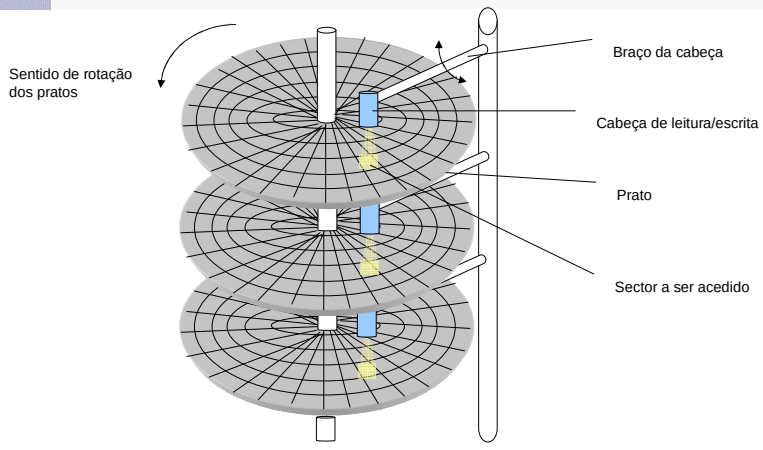


Qual o tamanho dos blocos ?

Impacto da fragmentação - Blocos grandes optimizam o I/O mas conduzem a desperdício de espaço por fragmentação interna

Percent total waste	Percent data waste	Percent inode waste	Organization
0.0	0.0	0.0	data only, no separation between files
1.1	1.1	0.0	data only, files start on 512-byte boundary
7.4	1.1	6.3	data + inodes, 512-byte block
8.8	2.5	6.3	data + inodes, 1024-byte block
11.7	5.4	6.3	data + inodes, 2048-byte block
15.4	12.3	3.1	data + inodes, 4096-byte block
29.4	27.8	1.6	data + inodes, 8192-byte block
62.0	61.2	0.8	data + inodes, 16384-byte block

Discos Magnéticos



Discos Magnéticos

- são compostos por:
  - um conjunto de pratos sobrepostos
  - em cada face de cada prato a informação é escrita em pistas concêntricas, e cada pista é composta por um conjunto de sectores
  - o conjunto das pistas com o mesmo raio forma um cilindro
- o tempo de leitura/escrita de um sector é composto por:
  - tempo de posicionamento (seek time): tempo de deslocação das cabeças até ao cilindro desejado
  - tempo de latência: tempo de espera pelo sector (tmédio = tmeia rotação)
  - tempo de transferência: tempo que demora a transferir um sector entre o disco e a memória principal (trevolução / n. de sectores por pista)
- tempo médio de acesso:
  - soma dos tempos médios de posicionamento, latência e transferência

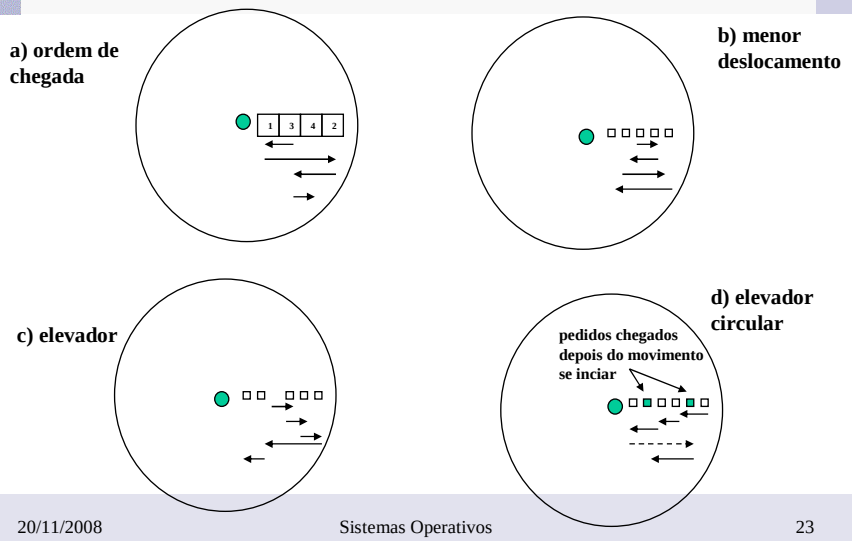
Tempos de acesso a um disco magnético

Nome	Forma de cálculo	Valor típico
Tempo transferência	Tempo de revolução / sectores por pista	17μs
Tempo de posicionamento	Tempo de posicionamento da cabeça na pista	4-8ms
Tempo latência médio	Tempo de revolução / 2	4ms

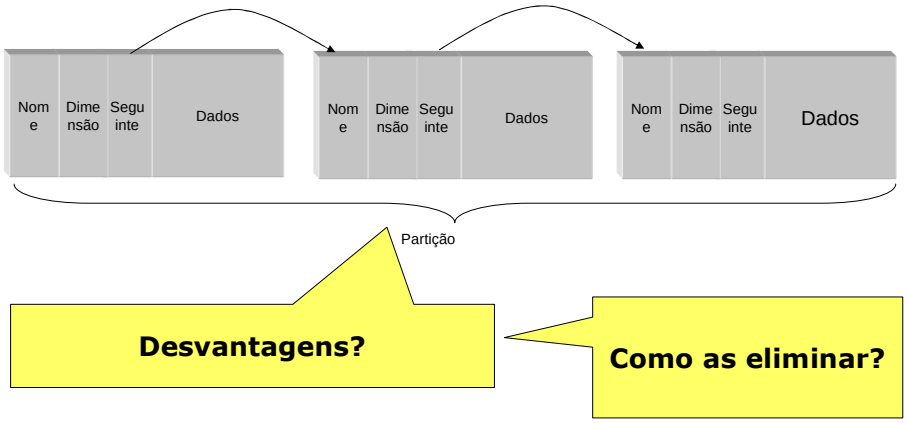
Optimização dos Acessos a Disco

- minimização da frequência de acesso:
  - cache de blocos em memória principal
- minimização do tempo de posicionamento:
  - é em geral muito superior ao tempo de latência
  - solução: ordenação dos pedidos segundo a ordem mais favorável:
    - **ordem de chegada**: simples, justo, não optimiza as operações mais demoradas (parar e mover cabeças)
    - **menor deslocamento**: menor tempo de posicionamento, maior desempenho quando os pedidos estão relacionados, pode ser injusto para os cilindros nas extremidades pois estes são preteridos
    - **elevador**: análogo ao anterior mas aplica-se apenas aos pedidos situados no sentido do deslocamento das cabeças, visita menos os cilindros na periferia (é dos mais usados)
    - **elevador circular**: cabeças lêem apenas num sentido, quando não há mais pedidos ou chegam à extremidade do disco as cabeças deslocam-se para o cilindro mais distante para o qual haja pedidos
- minimização do tempo de latência:
  - leitura de pistas inteiras para uma cache local ao controlador

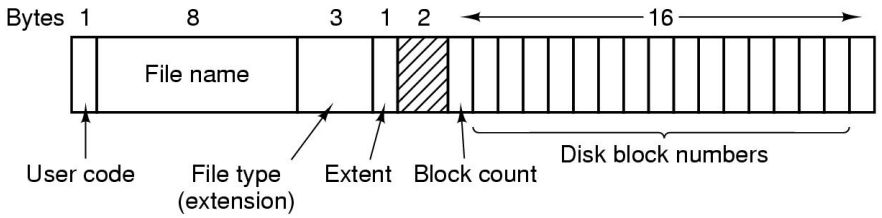
Ordenação dos Pedidos



Organização dos Blocos de Dados
Lista Ligada



Sistema de Ficheiros CP/M



entrada de uma directoria em CP/M

Desvantagens?

- **Entrada de 32 bytes**
- **Blocos de 1kB**
- **Durante o arranque:, é calculado um *bitmap* dos blocos livres a partir de todas as entradas e carregado em memória**
- **Limite máximo de 16 blocos resolvido com vários *extents* p/ ficheiro**

Organização dos Blocos de Dados
Mapa da Memória Secundária

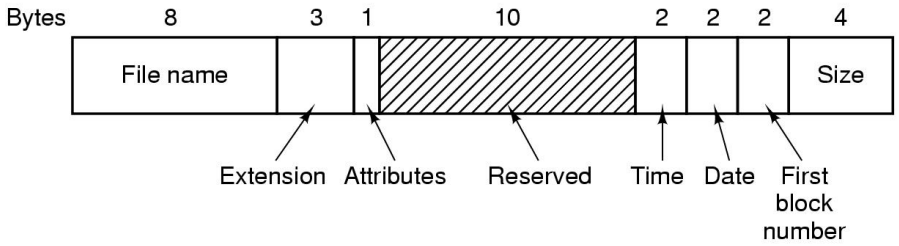
FAT – File Allocation Table

O Mapa é carregado em memória principal quando o disco é acedido

Desvantagens?

Vantagens?

Sistema de Ficheiros MS-DOS (1)



entrada de 32 bytes de directoria em MS-DOS

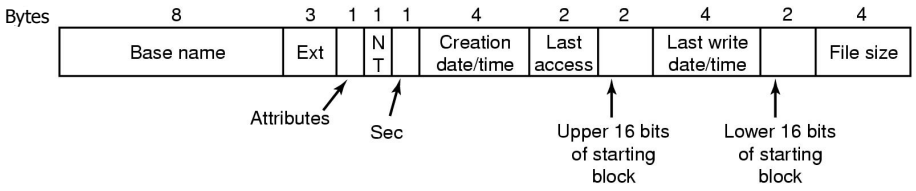
- Usa uma FAT: 12, 16 ou 32 (28 bits)

Sistema de Ficheiros MS-DOS (2)

Block size	FAT-12	FAT-16	FAT-32
0.5 KB	2 MB		
1 KB	4 MB		
2 KB	8 MB	128 MB	
4 KB	16 MB	256 MB	1 TB
8 KB		512 MB	2 TB
16 KB		1024 MB	2 TB
32 KB		2048 MB	2 TB

- Partição máxima para diferentes tamanhos de blocos
- As entradas a branco indicam combinações impossíveis (não permitidas)

Sistema de Ficheiros Windows 98 (1)

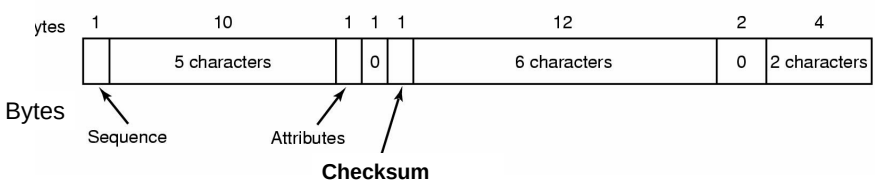


entrada de uma directoria usada no Windows 98

(estendida do MS-DOS – utiliza os 10 bytes antes reservados)

- **Ficheiros com nomes grandes**: entrada **normal** com nome do tipo: SISTEM~1.DOC, antecedida de entradas **adicionais** "**especiais**" que guardam o nome completo
- **Problema**: Como distingui-las e como manter compatibilidade com o DOS?

Sistema de Ficheiros Windows 98 (2)



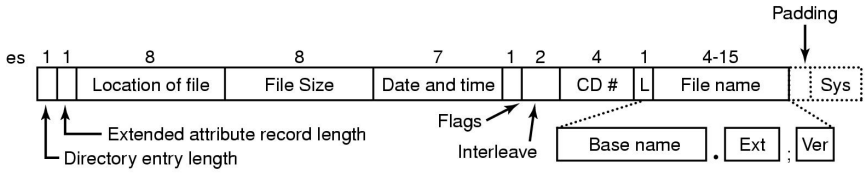
- Parte de uma entrada de um ficheiro com um nome grande em Windows 98
- Esta entrada antecede a entrada com o nome MS-DOS
- Checksum entrada permite saber a que ficheiro pertencem caso este seja apagado em modo MS-DOS

Sistema de Ficheiros Windows 98 (3)

68	d	o	g		A	0	CK							0		
3	o	v	e		A	0	CK	t	h	e		l	a	0	z	y
2	w	n		f	o	A	0	CK	x		j	u	m	p	0	s
1	T	h	e		q	A	0	CK	u	i	c	k		b	0	r	o
T	H	E	Q	U	I	~	1	A	NT	S	Creation time		Last acc	Upp	Last write	Low	Size	
Bytes																		

- Entrada principal e adicionais distinguidas através de atributos inválidos para o MS-DOS
- Cada entrada adicional armazena 13 caracteres do nome de ficheiro
- Entradas adicionais de cada ficheiro dispostas de forma invertida
- Última entrada adicional tem número de sequência adicionado a 64 (set ao bit 6)
- Ficheiro: “The quick brown fox jumps over the lazy dog”

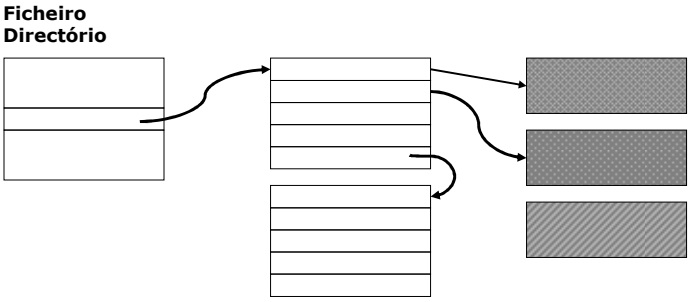
Sistema de Ficheiros para CD-ROM



- entrada de uma directoria em ISO 9660
- blocos de 2048 bytes (Modo-2: dados)

- não há gestão de espaço livre/ocupado
- ficheiros dispostos sequencialmente no CD-ROM

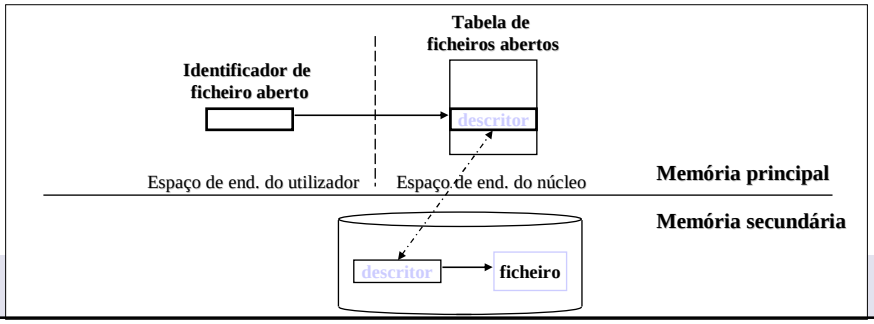
Organização dos Blocos de Dados
Blocos de Índices



•Os blocos de índices são guardados em blocos de dados e só são acedidos quando necessário
•Adapta-se a qualquer dimensão do disco
•A estrutura de índices pode ser hierarquizada para optimizar o acesso directo em ficheiros de grande dimensão – **solução do Unix**

Acesso a Ficheiros

- utilização de três etapas para aumentar o desempenho:
  - abertura do ficheiro dado o nome
    - é pesquisado o directório, copiado o descritor do ficheiro para memória (tabela de ficheiros abertos) e é devolvido ao utilizador um identificador de ficheiro aberto
    - verificar os direitos de acesso do processo ao ficheiro em causa
  - leitura ou escrita de informação dado o identificador de ficheiro aberto
    - este identificador permite chegar rapidamente ao seu descritor em memória
  - fecho do ficheiro



Unix – Sistema de Ficheiros

- O sistema de ficheiros Unix é uma das componentes iniciais do sistema e os principais conceitos mantêm-se válidos
  - i-nodes
  - Directórios
  - Ficheiros normais e especiais
- A evolução do sistema provocou várias optimizações
  - Virtual file system
  - Organização do disco
- No Linux Ext2 muitas das evoluções foram aplicadas

Evolução do Berkeley Fast Filesystem

- A organização do Unix tradicional tendia a espalhar a informação por muitos blocos do disco
  - Os i-nodes de ficheiros ficavam muito distantes dos blocos de dados desses ficheiros
  - Os blocos eram separados em blocos físicos de 512 bytes em múltiplos cilindros
- O superbloco era crítico para a fiabilidade do sistema.

Evolução do Berkeley Fast Filesystem

- Solução
  - Organizar o disco em partições designadas **Cylinder Group**
  - Cada cylinder group tem um superbloco, área de i-nodes e blocos de dados
  - Os blocos de dados são de 4 Kbytes ou 8 Kbytes
  - O sistema tenta alocar os blocos de dados contíguos

Sistema de Ficheiros Linux

- Visão Global.
- Estruturas de acesso.
- Sistema de Ficheiros nativo (ext2).
- Virtual File System.
- Caches.

Introdução

- O Sistema de Ficheiros (SF) do Linux permite aceder a vários tipos de sistemas de ficheiros (FAT, NTFS, EXT2, etc.).
  - Isto é conseguido pelo VFS que descreveremos adiante.
- O SF vê os discos como vectores de blocos.
- O sistema de ficheiros só descreve a organização dos ficheiros pelos blocos, a escrita e leitura dos blocos é efectuada pelos gestores dos dispositivos.
- A identificação de um ficheiro aberto por um processo é um número inteiro, denominado “file descriptor” mantido na tabela de ficheiros abertos do processo.

Visão Global (s/ VFS)

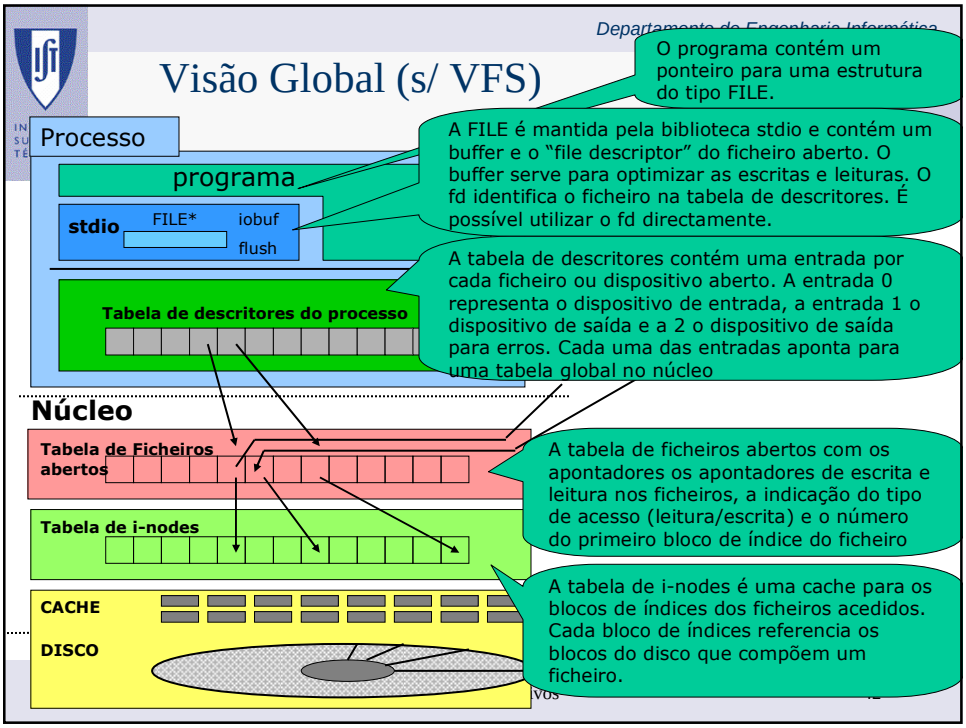
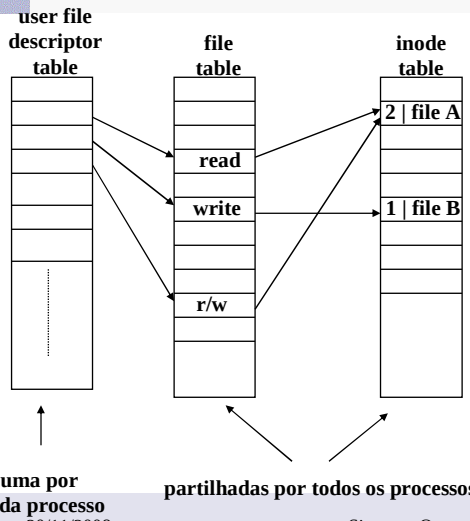


Tabela de ficheiros abertos

- A tabela de ficheiros abertos contém uma entrada para cada ficheiro aberto
  - podem existir mais do que uma entrada para o mesmo ficheiro. Basta para tal este ser aberto por processos diferentes.
- No fork os ficheiros abertos pelo pai são partilhados pelo filho.
  - As entradas na tabela de ficheiros abertos também são partilhadas. Deste modo os cursores de leitura e escrita são partilhados o que permite direccionar a saída de pai e filho para o mesmo ficheiro sem que o último apague a saída o primeiro.

Tabelas de Ficheiros




```
fd1 = open ("fileA", O_RDONLY);
fd2 = open ("fileB", O_WRONLY);
fd3 = open ("fileA", O_RDWR);
```

- *file table* contém:
  - Cursor que indica a posição actual de leitura/escrita
  - modo como o ficheiro foi aberto
- *processos pai e filho:*
  - partilham *file table*

Entrada da tabela de ficheiros abertos

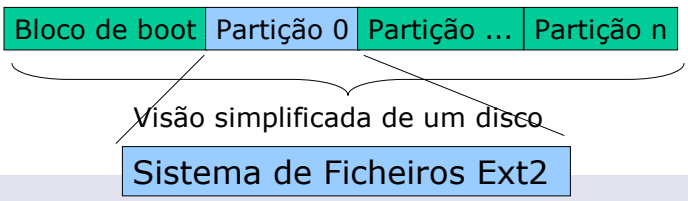
```
struct file {
    struct list_head        f_list;         // Ponteiro para o próximo elemento na lista
    struct dentry           *f_dentry;      // Ponteiro para o objecto dentry associado
    struct vfsmount         *f_vfsmnt;      // Ponteiro para o sistema de ficheiros
    struct file_operations  *f_op;          // Ponteiro para a tabela de despacho
    atomic_t                f_count;        // Número de utilizações do ficheiro
    unsigned int            f_flags;        // Flags especificadas na abertura do ficheiro
    mode_t                  f_mode;         // Modo de acesso
    int                     f_error;        // Código de erro para escrita em rede
    loff_t                  f_pos;          // Posição actual de leitura ou escrita
    struct fown_struct      f_owner;        // Dados para notificação assíncrona
    unsigned int            f_uid, f_gid;   // Id do dono e do grupo
    struct file_ra_state    f_ra;           // Dados para a leitura em avanço
    unsigned long           f_version;      // Versão, incrementada automaticamente
                                            // em cada uso
    void                    *f_security;    // Estrutura de segurança genérica
                                            //(utilizada no SELinux)
    void                    *private_data;  // Necessário para o tty
    struct list_head        f_ep_links;     // Lista de eventos para manipulação
assíncrona
    spinlock_t              f_ep_lock;      // Lock para protecção da lista de eventos
    struct address_space    *f_mapping;     // Ficheiro mapeado em memória
};
```

i-nodes

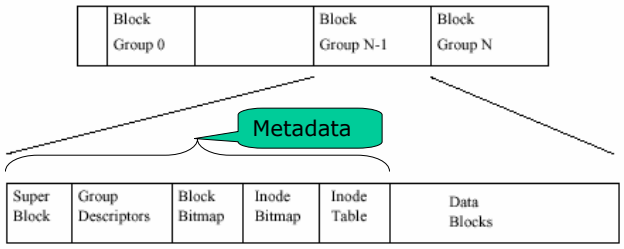
- Estruturas (geralmente) persistentes
  - Algumas têm que ser recriados sempre que se liga o sistema.
- Contêm a identificação dos blocos no disco que fazem parte de um ficheiro.
- Existe um e só um i-node por ficheiro.
- Existem muitos tipos de i-node
  - Ext2, VFS, BSD
  - Todos têm estruturas diferentes mas têm o mesmo objectivo.

Sistema de ficheiros nativo do Linux

- Denominado EXT2 (recentemente o EXT3).
- Descreve a organização física de uma partição de um disco.
- Um disco pode ter mais do que uma partição e em cada uma pode ter um sistema de ficheiros diferente.

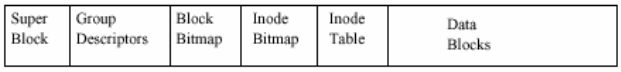


Uma partição Ext2



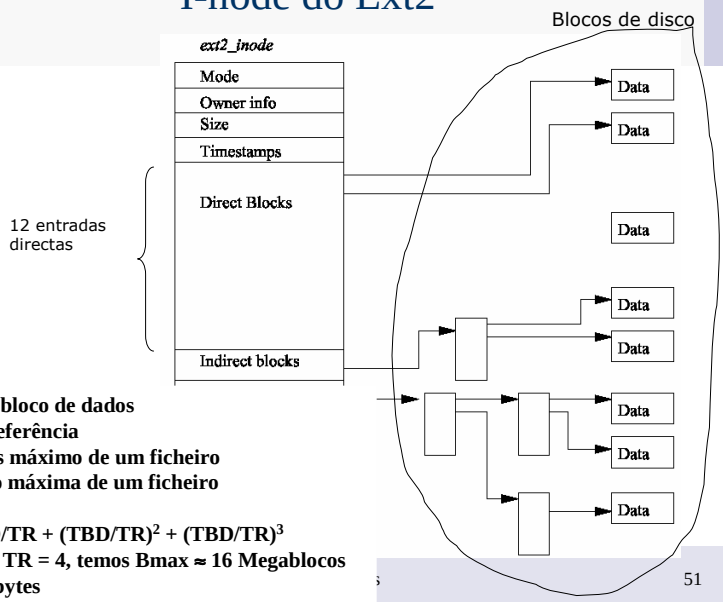
- Cada partição está dividida em grupos de blocos.
- Cada grupo contém um conjunto de blocos com informação de ficheiros e um conjunto de informação sobre a estrutura desses ficheiros (metadata).
- Os blocos de um ficheiro podem estar distribuídos por vários grupos, mas devem preferencialmente estar no mesmo grupo.
- O objectivo dos grupos é manter a metadata "perto" dos dados que descreve, e assim reduzir os efeitos da corrupção de uma parte do disco.

Grupo de Blocos do Ext2



- Super Block (igual em todos os grupos)
  - Contém a estrutura básica da partição (nº blocos, nº i-nodes, etc.)
- Inode Table
  - Contém uma tabela com os descritores dos ficheiros (i-nodes).
- Inode Bitmap
  - Contém um vector de bits que indica quais os i-nodes livres.
- Block Bitmap
  - Contém um vector de bits, que indica quais os blocos livres.
- Group Descritores (igual em todos os grupos)
  - Contém um descritor por cada grupo de blocos na partição.
  - Cada descritor contém, para o respectivo grupo, o nº de blocos e i-nodes no grupo, bem como onde está a tabela de i-nodes e as tabelas com de blocos e i-nodes livres.

I-node do Ext2

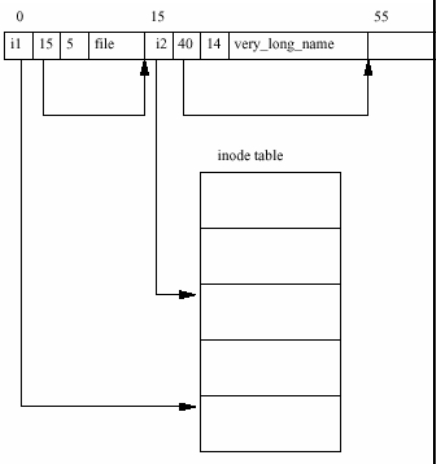


TBD – Tamanho bloco de dados
TR – Tamanho referência
Bmax – Nº Blocos máximo de um ficheiro
Fmax – dimensão máxima de um ficheiro

Bmax= 12 + TBD/TR + (TBD/TR)^2 + (TBD/TR)^3
com TBD 1024 e TR = 4, temos Bmax ≈ 16 Megablocos
Fmax ≈ 16 Gigabytes

Directório no Ext2

- Um directório é um ficheiro como os restantes, que tem uma estrutura específica
- Um ficheiro do tipo directório contém um vector de entradas, em que cada entrada descreve um ficheiro desse directório.
- Cada entrada contém o nome do ficheiro a sua dimensão e o nº do i-node que o representa.
- Podem existir vários ficheiros com o mesmo i-node. São os *hard links*.
- Os *soft* ou *symbolic links* são ficheiros com o seu i-node com uma estrutura própria.
  - ln –s ficheiroAlvo nomeDoLink



Ficheiro Directório

	Inode	Dimensão do registo	Dimensão do nome	Tipo	Nome							
0	54	12	1	2	.	\0	\0	\0				
12	79	12	2	2	.	.	\0	\0				
24	23	16	6	1	c	a	r	l	o	s	\0	\0
40	256	16	7	1	m	a	r	q	u	e	s	\0

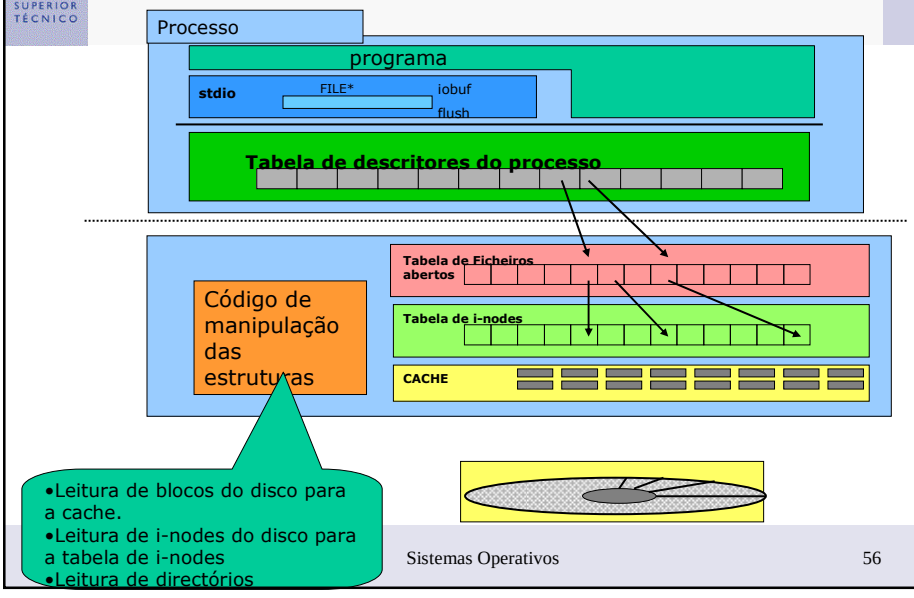
Abertura de um ficheiro

- /home/carlos.ribeiro/.cshrc
  1. Procurar o i-node do directório raiz "/" no superbloco do dispositivo principal.
  2. Obter os blocos desse directório e encontrar a entrada "home"
  3. Ler o i-node do ficheiro tipo directório "home".
  4. Ler os blocos de dados do "home".
  5. Encontrar a entrada "carlos.ribeiro" e ler o seu i-node.
  6. Encontrar a entrada de ".cshrc" e ler o seu i-node e deste os blocos com a informação.

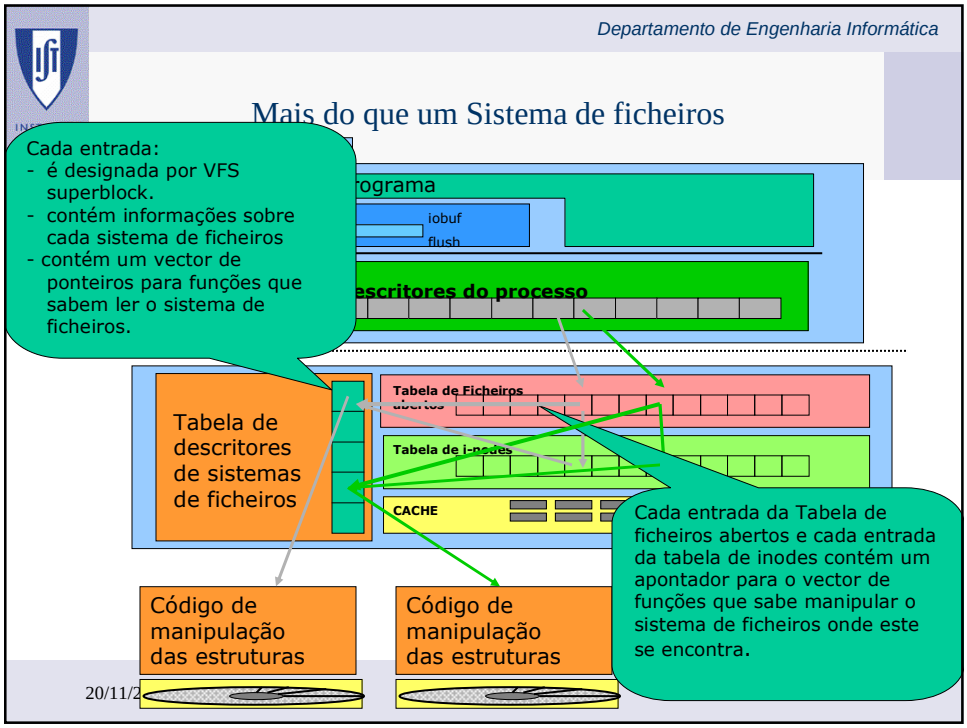
Virtual File System

- Permite aceder a vários sistemas de ficheiros diferentes em simultâneo (EXT2, NTFS, FAT, NFS ...)
- Uma única hierarquia de ficheiros composta pelos vários sistemas de ficheiros.
- Facilita a construção de sistemas de ficheiros distribuídos.
- Permite a construção de sistemas de ficheiros virtuais tais como o /proc

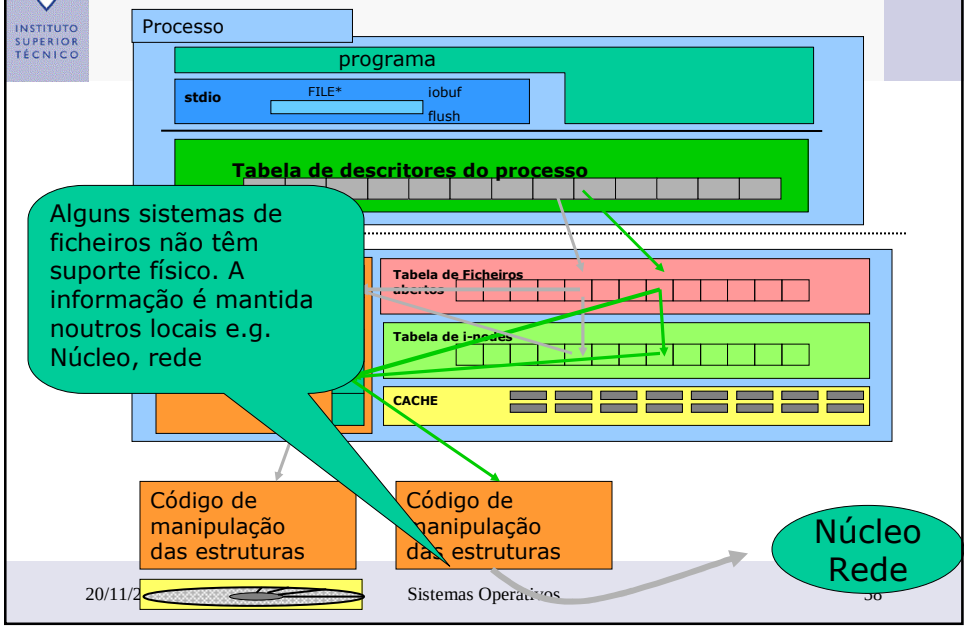
Um único Sistema de Ficheiros



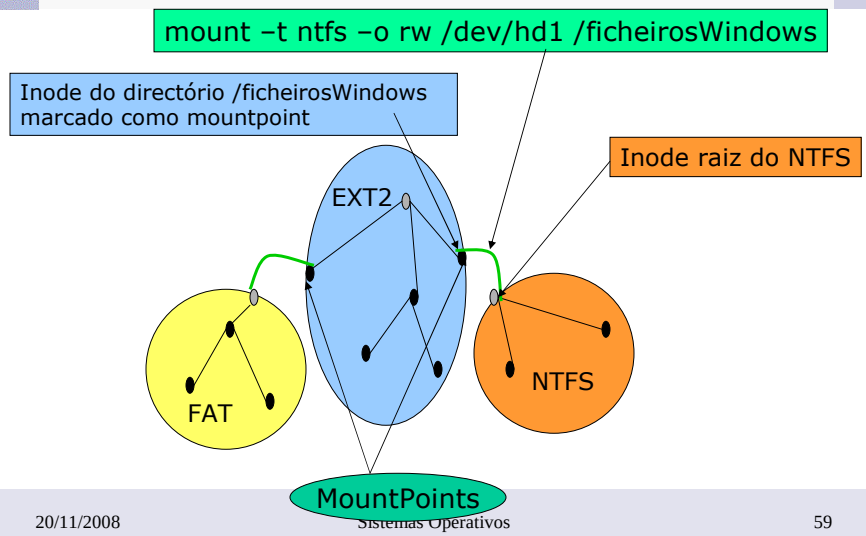
Mais do que um Sistema de ficheiros



Sistemas de Ficheiros virtuais



Organização global



Caches

- Existem três tipos de caches no sistema de ficheiros do linux:
  - Cache de blocos de disco.
  - Cache de i-nodes.
  - Cache de directórios.

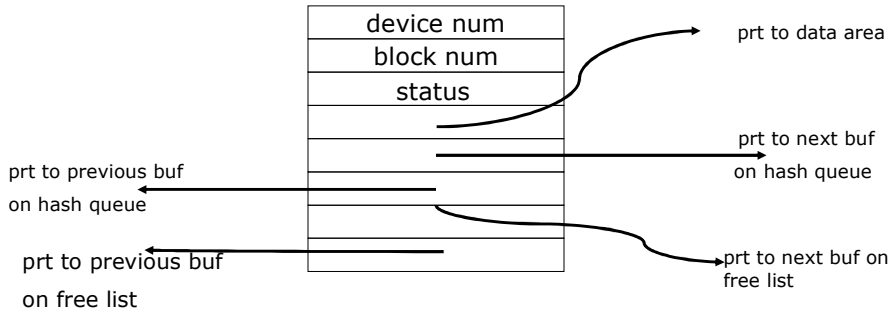
Cache de Blocos

- o núcleo poderia ler e escrever directamente para o disco em todos os acesso a ficheiros:
  - implicaria elevados tempos de resposta do sistema devido aos tempos de acesso ao disco
- para melhorar o desempenho:
  - minimizar os acessos ao disco através de uma cache que contém os blocos que foram recentemente acedidos
  - as rotinas de leitura e escrita analisam os blocos na cache antes de acederem ao disco
- dois níveis de cache:
  - biblioteca de I/O que adapta as operações de leitura/escrita ao tamanho dos blocos em disco
  - zona de memória entre os processos e os gestores dos discos

Cache de Blocos (2)

- cache para escrita/leitura em disco:
  - permitir manter em memória blocos de dados que possam ser reutilizados pelos processos
  - é constituída por blocos de memória em número que é um parâmetro de geração do sistema
  - os blocos da cache têm dimensão igual à dos blocos em disco
  - os blocos na cache contêm informação resultante de leituras/escrita anteriores do/para disco
- cada bloco da cache é representado por:
  - identificador do bloco
  - estado
  - apontador para os dados
  - apontadores que permitem a sua inclusão em listas duplamente ligadas

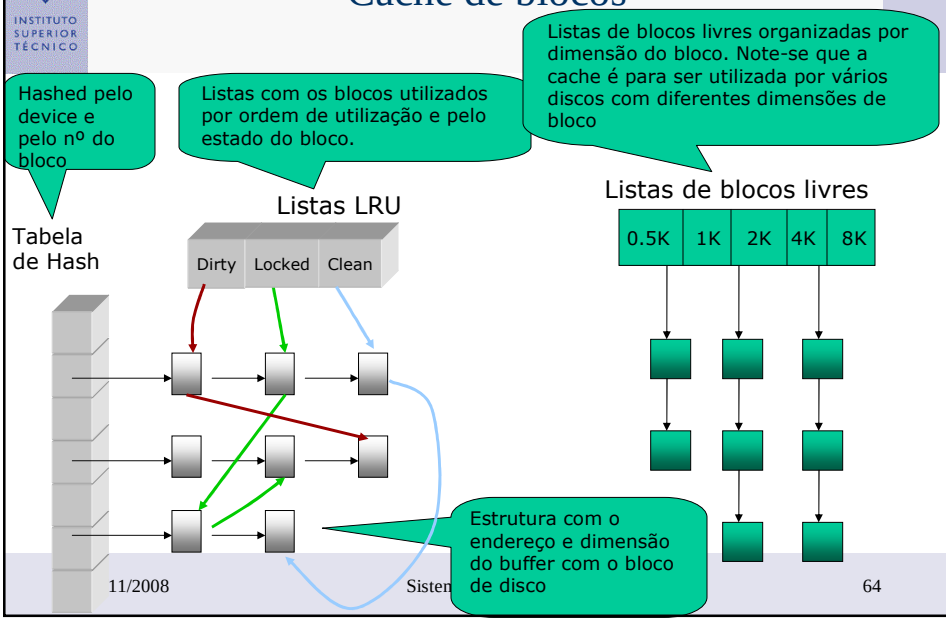
Estrutura dos Buffers em Cache



device – identifica o sistema de ficheiros

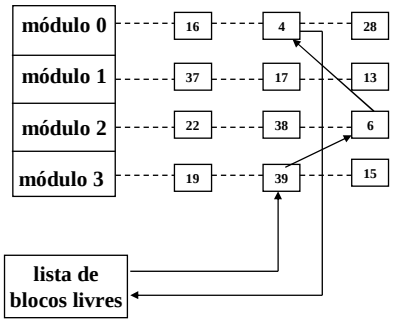
bloco – identificador do bloco no sistema de ficheiros

Cache de blocos



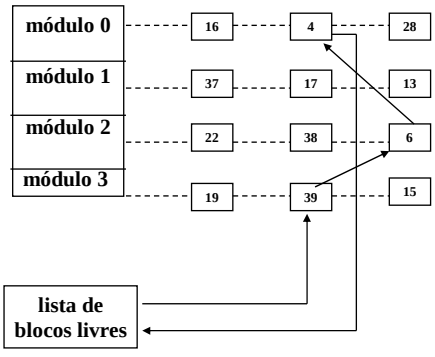
Cache (cont.)

- para cada radical da função de *hash*, os blocos são colocados numa lista duplamente ligada
- lista de blocos livres é gerida em LRU.
- um bloco não está livre quando está a ser usado para uma operação de leitura/escrita do/para o disco ou para o espaço de endereçamento do processo
- depois da operação antes referida, o bloco está livre
- quando o SO quer ler/escrever um bloco procura primeira na *cache* (função de *hash*)
- se o bloco procurado não está em memória, obtém o primeiro da lista de blocos livres

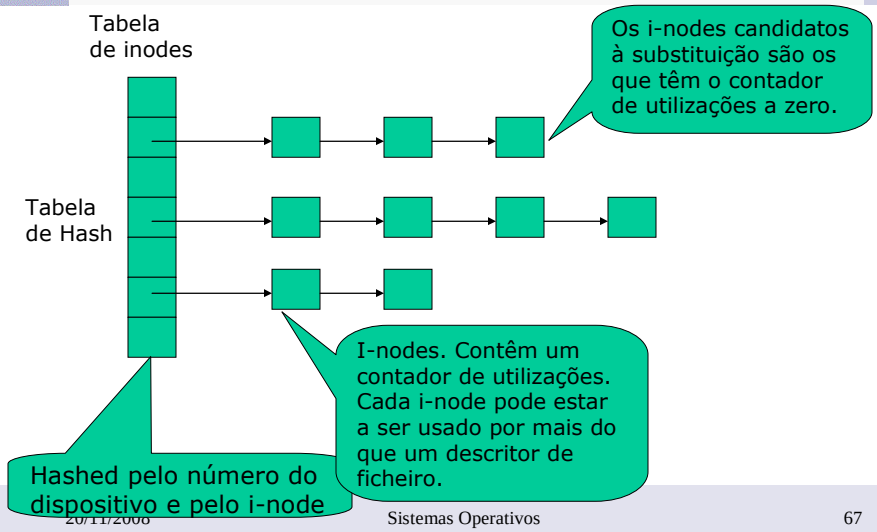


Cache de Blocos

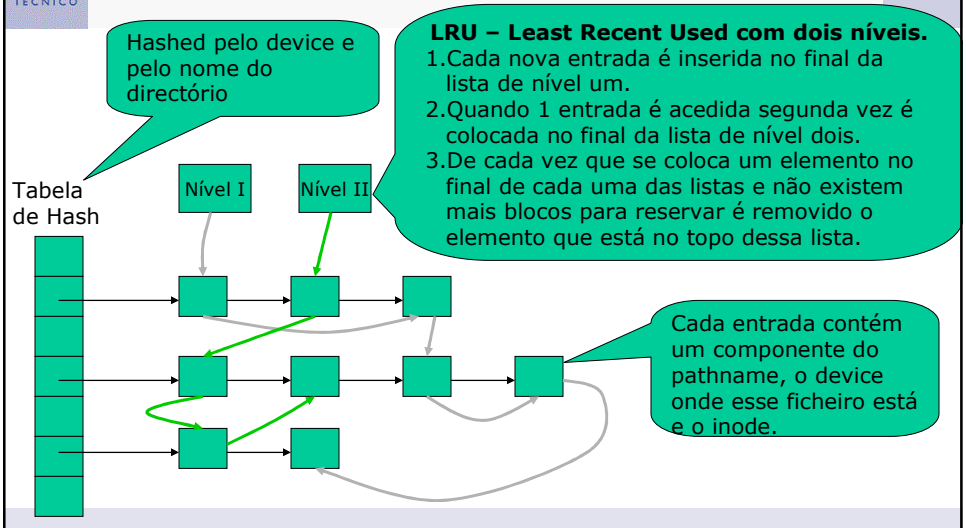
- Na escrita não há acesso ao disco:
  - o bloco fica marcado como delayed write
  - o bloco fica também na lista de blocos livres
  - antes do bloco ser reutilizado, os dados são escritos para disco
  - periodicamente os blocos marcados como delayed write são escritos em disco
- Vantagem:
  - Apenas se efectua a escrita da ultima actualização do bloco. Se o bloco for imediatamente lido não há acesso ao disco
- Desvantagem;
  - A informação permanece volátil durante algum tempo e fica sujeita a perder-se se existir uma falha da máquina.



Cache de i-nodes



Cache de directórios

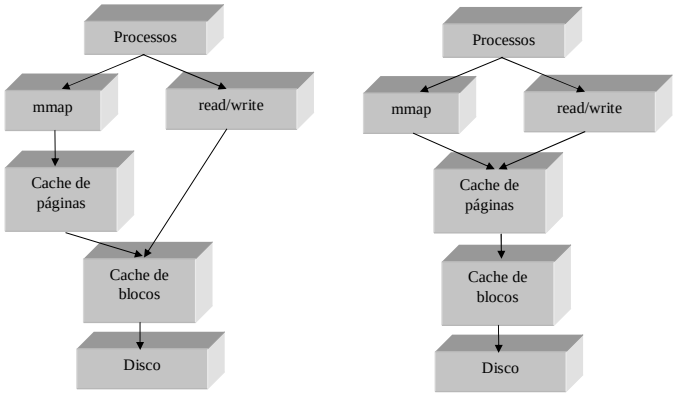


Acesso a Ficheiros Mapeados em Memória

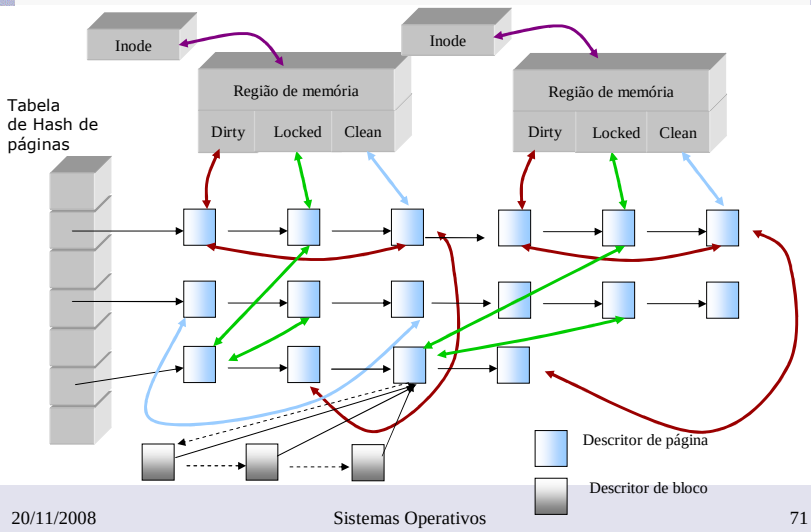
```
MapearFicheiro    (Fd, posição , endereço, dimensão)
DesmapearFicheiro (endereço, dimensão)
```

- A primitiva MapearFicheiro permite aceder ao conteúdo de um ficheiro da mesma forma que se acede a uma qualquer outra estrutura em memória.
- O conteúdo do ficheiro indicado por Fd é:
  - mapeado a partir da posição indicada pelo parâmetro posição,
  - no endereço de memória indicado pelo parâmetro endereço,
  - numa extensão indicada pelo parâmetro dimensão.
- A partir deste momento é possível aceder directamente ao ficheiro acedendo directamente às posições de memória indicadas.

Evolução da Cache em Linux – Suporte a ficheiros mapeados em memória



Cache de Páginas



Recuperação a Faltas

- Podem ocorrer faltas que pôem em causa a consistência do sistema de ficheiros
- Por exemplo, para efectuar a escrita de dados no final de um ficheiro é necessário:
  - localizar um bloco livre,
  - actualizar o *bitmap* de blocos livres situado no grupo de blocos do sistema de ficheiros
  - guardar o número do bloco no *inode* do ficheiro a que o bloco vai pertencer,
  - escrever o conteúdo do bloco
  - actualizar um conjunto de elementos do *inode*.
- Se durante uma destas operações ocorrer uma falha de alguma componente do sistema, o ficheiro poderá ficar corrompido.

Recuperação a Faltas (II)

- O problema é resolvido marcando o sistema de ficheiros como sujo no início do sistema e só o considerar limpo se for correctamente desassociado, por uma operação explícita ou por uma operação de *shutdown*.
- Se no arranque se verificar que o sistema de ficheiros está sujo é executada uma operação de verificação (*fsck*) de todos os *inodes*, blocos ocupados e blocos livres existentes nessa partição.
- Esta operação sempre foi uma operação demorada, mas com a dimensão dos discos actuais tornou-se intolerável.

Journaling

- O objectivo da camada do núcleo *Journal Block Device* (JBD) é impedir que o sistema de ficheiros fique num estado inconsistente.
  - A JBD é actualmente utilizada apenas pelo sistema de ficheiros EXT3 (terceira versão do sistema de ficheiros *extend*).
- O JBD evita que uma operação de escrita seja parcialmente realizada, sendo efectuada de forma atómica.
- O JBD escreve os blocos a actualizar no *journal* e só depois de se ter assegurado que a informação já existe de forma persistente, é que a actualiza nos blocos do sistema de ficheiros. Se acontecer uma falha nesse período o sistema operativo aquando do reinício pode recuperar e refazer a escrita pois ela estava registada no *journal*.

Journaling

- A dupla escrita, no *journal* e no sistema de ficheiros, introduz uma penalização no desempenho do sistema pelo que muitos sistemas de *journal* só garantem a consistência dos metadados do sistema de ficheiros.
- O JBD permite configurar o tipo de *journaling* que se pretende efectuar, na associação do sistema de ficheiros a um directório (*mount*).
- Para além das duas opções já referidas o JBD fornece ainda uma terceira opção (por omissão) em que apenas os metadados são enviados para o *journal*, mas os blocos de dados relativos a um bloco de metadados são escritos primeiro que os metadados