

PREFÁCIO

Este texto tem como principal objectivo fornecer o material de base de um curso universitário sobre Sistemas Operativos. Este desígnio deve ser entendido no âmbito da filosofia de ensino da Licenciatura em Engenharia Informática do IST (Instituto Superior Técnico), a que todos os autores estão ligados, e baseia-se em dar aos alunos as noções teóricas do objecto de estudo, simultaneamente com uma forte componente prática, que lhes permite o contacto directo com esses mesmos conceitos através de exercícios e um projecto de média complexidade.

A aprendizagem faz-se criando um sólido corpo de conceitos, provavelmente mais duradouros no tempo, mas a sua solidificação só é possível pela prática e pela visão concreta do que significam.

O ensino dos sistemas operativos tem essencialmente duas abordagens: a que se centra na estrutura interna descrevendo a arquitectura, principais objectos e algoritmos, e a centrada na visão do modelo computacional, que analisa os objectos visíveis externamente e os respectivos métodos materializados nas chamadas sistema.

O livro procura contemplar estas duas abordagens apresentando sempre ambas as visões. A visão externa que permite o contacto directo como a experimentação e, em seguida, a estrutura interna que a suporta. Esta sequência por vezes encontra-se em capítulos separados, outras vezes no mesmo capítulo dependendo da dimensão dos assuntos tratados.

No ensino desta disciplina no IST, a parte teórica é acompanhada semanalmente por um ensino prático que procura exercitar a maioria das componentes, que no final se integram num projecto de dimensão média.

Uma outra importante decisão é, que papel dar aos sistemas operativos presentes no mercado. Esta decisão, há anos atrás, era mais complexa pelo número relativamente grande de sistemas proprietários existentes. Hoje, o mercado normalizou-se e duas famílias de sistemas disputam a hegemonia: o Unix/Linux e seus derivados e a família de sistemas da Microsoft.

Acreditamos que ambas são importantes e pertinentes para a formação de um engenheiro ou licenciado em informática, pelo que tentamos, na medida do possível, dar-lhes tratamento equivalente. Os capítulos têm geralmente três partes: a primeira em que se introduzem os conceitos; uma segunda onde se analisa a sua utilização ou implementação no Unix/Linux e, finalmente, uma terceira onde se efectua o mesmo exercício para o Windows.

Uma referência impõe-se ao dimensionamento de um curso com base neste livro. Os assuntos tratados são, no nosso entender, muito mais vastos que a matéria correspondente a uma disciplina semestral. A nova experiência tem imposto limitações que são completadas por cadeiras posteriores, que ensinam alguns dos aspectos aqui apresentados. Não quisemos, contudo, deixar de as incluir pela necessária completude de análise nos sistemas operativos e deixando, a quem neste livro se basear, o cuidado de seleccionar o que de mais relevante deve dar no limitado tempo disponível.

A experiência didáctica pode ser encontrada em linha nos sítios do IST (www.ist.utl.pt), onde o material de suporte às aulas teóricas e práticas é colocado e que se disponibiliza à comunidade académica.

Os Autores

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	VII
PREFÁCIO	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XXV
ÍNDICE DE TABELAS	XXXVII
ÍNDICE DE QUADROS	XL
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 Função dos Sistemas Operativos	1
1.1.1 Gestor de Recursos	2
1.1.1.1 Processos	3
1.1.1.2 Memória Virtual.....	3
1.1.1.3 Sistema de Ficheiros	3
1.1.1.4 Periféricos	4
1.1.1.5 Utilizadores	4
1.1.2 Interface	4
1.1.3 Máquina Virtual.....	5
1.2 Critérios de Qualidade do Sistema Operativo	6
1.3 Evolução Histórica	8
1.3.1 Monitor de Controlo	9
1.3.2 Tratamento em Lotes (<i>Batch</i>)	11
1.3.3 Multiprogramação	13
1.3.4 Sistemas Interactivos	15
1.3.5 Memória Virtual	17
1.3.6 Computadores Pessoais	18
1.3.7 Sistemas Distribuídos	19
1.4 Classificações de Sistemas Operativos	20
1.4.1 Sistemas de Tempo Virtual e Tempo Real	20
1.4.1.1 Tempo Virtual	21
1.4.1.2 Tempo Real	21
1.4.2 Sistemas Embebidos	22
1.4.3 Sistemas Proprietários e Sistemas Abertos	23
2 - ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA OPERATIVO	29
2.1 Organização do Sistema Operativo	29
2.2 Núcleo	30
2.2.1 Suporte <i>Hardware</i> à Execução do Núcleo	33

2.2.1.1	O Confinamento do Núcleo	33
2.2.1.2	Excepções e Interrupções.....	35
2.3	Chamadas Sistema	38
2.4	Processos Sistema	40
2.5	Evolução da Organização do Núcleo do Sistema Operativo	41
2.5.1	Núcleos Monolíticos.....	41
2.5.2	Núcleos em Camadas.....	42
2.5.3	Micronúcleos	44
2.5.4	Máquinas Virtuais.....	46
2.6	Sistemas de Referência	47
2.6.1	Unix	47
2.6.1.1	Evolução Histórica.....	47
2.6.1.2	Organização Interna do Sistema Unix	50
2.6.2	Windows	51
2.6.2.1	Evolução Histórica.....	51
2.6.2.2	Organização Interna do Sistema Windows.....	53
3 - PROCESSOS: MODELO COMPUTACIONAL	61	
3.1	Multiprogramação	61
3.2	Conceito de Processo.....	63
3.2.1	Espaço de Endereçamento	64
3.2.2	Reportório de Operações	65
3.2.3	Estado do Processo	65
3.2.4	Modelo de Segurança	66
3.2.5	Hierarquias de Processos.....	67
3.2.6	Recursos Associados ao Processo	68
3.3	Objecto Processo	68
3.3.1	Atributos do Processo.....	68
3.3.1.1	Identificadores.....	68
3.3.1.2	Programa Executável	69
3.3.1.3	Prioridade	69
3.3.1.4	Contexto de Segurança	70
3.3.1.5	Ambiente Utilizador.....	70
3.3.2	Operações do Processo	70
3.3.2.1	Criação	70
3.3.2.2	Terminação.....	70
3.3.2.3	Sincronização com a Terminação de um Subprocesso.....	71
3.3.2.4	Obtenção de Informação de Estado	72
3.4	Rotinas Assíncronas	72
3.4.1	Acontecimentos Assíncronos	72
3.4.2	Tratamento dos Acontecimentos Assíncronos	73
3.5	Modelo Multitarefa	74

3.5.1	Objectivos	74
3.5.2	Conceito de Tarefa.....	76
3.5.2.1	Co-rotinas ou Pseudotarefas	77
3.5.2.2	Tarefas Reais ou Tarefas Sistema.....	78
3.5.3	Objecto Tarefa	79
3.5.3.1	Criação	79
3.5.3.2	Terminação.....	79
3.5.3.3	Comutação	79
3.5.3.4	Sincronização com a Terminação de Tarefa.....	80
3.6	Processos em Unix	80
3.6.1	Modelo Computacional	80
3.6.1.1	Espaço de Endereçamento	80
3.6.1.2	Modelo de Segurança.....	81
3.6.2	Operações sobre Processos.....	82
3.6.2.1	Criação	82
3.6.2.2	Execução de um Novo Programa.....	83
3.6.2.3	Alteração da Prioridade.....	85
3.6.2.4	Terminação.....	86
3.6.2.5	Sincronização com a Terminação de um Subprocesso.....	86
3.6.3	<i>Signals</i>	87
3.6.3.1	Tratamento dos <i>Signals</i>	87
3.6.3.2	Associação à Rotina de Tratamento.....	90
3.6.3.3	Interrupção de Chamadas Sistema Bloqueantes	90
3.6.3.4	Operações Associadas aos <i>Signals</i>	91
3.6.4	Tarefas - Interface POSIX	92
3.7	Processos no Windows	94
3.7.1	Modelo Computacional	94
3.7.1.1	Modelo de Segurança.....	96
3.7.2	Operações sobre Processos.....	97
3.7.2.1	Criação	97
3.7.2.2	Terminação.....	98
3.7.2.3	Obtenção de Informação de Estado	98
3.7.2.4	Sincronização com a Terminação de um Subprocesso.....	99
3.7.3	Tarefas	99
3.7.3.1	Criação	101
3.7.3.2	Terminação.....	102
3.7.3.3	Comutação	104
3.7.3.4	Sincronização com a Terminação de uma Tarefa.....	104
3.7.3.5	Controlo de Execução	104
3.7.3.6	Zonas Privadas de Memória (<i>Thread Local Storage</i>).....	105
3.7.3.7	Reutilização de Tarefas (<i>Thread Pooling</i>).....	107
3.7.3.8	Pseudotarefas (<i>Fibers</i>)	108
3.7.4	Excepções e Acontecimentos Assíncronos	109
3.7.4.1	Rotinas Assíncronas.....	110
3.7.4.2	Tratamento de Excepções	112

4 - GESTOR DE PROCESSOS	121
4.1 Arquitectura do Gestor de Processos	121
4.2 Representação dos Processos.....	123
4.2.1 Estados de Execução	123
4.2.2 Contexto dos Processos	124
4.3 Comutação dos Processos	126
4.3.1 Despacho	126
4.3.2 Escalonamento.....	127
4.3.2.1 Trabalho Mais Curto Primeiro (<i>shortest job first</i>)	129
4.3.2.2 Tempo de Execução Partilhado	129
4.3.2.3 Tempo de Execução Partilhado com Prioridades	130
4.3.2.4 Prioridades Dinâmicas	131
4.3.2.5 <i>Quantum</i> Variável.....	132
4.3.2.6 Preempção.....	133
4.3.3 Chamadas Sistema Relacionadas com os Processos	135
4.4 Gestor de Processos em Unix.....	135
4.4.1 Representação dos Processos	136
4.4.2 Representação dos Processos em Linux.....	137
4.4.3 Modo Utilizador e Modo Núcleo	138
4.4.4 Diagrama de Estados	138
4.4.5 Execução das Chamadas Sistema.....	141
4.4.5.1 Criação	141
4.4.5.2 Terminação.....	142
4.4.5.3 Execução de Outro Programa	143
4.4.6 Escalonamento.....	143
4.4.6.1 Algoritmo de Escalonamento em Unix.....	144
4.4.6.2 Algoritmo de Escalonamento em Linux	147
4.4.6.3 Escalonamento Tempo Real em Linux.....	148
4.4.7 Implementação dos <i>Signals</i>	148
4.4.7.1 Envio de <i>Signals</i>	148
4.4.7.2 Detecção de <i>Signals</i>	149
4.4.7.3 Tratamento de um <i>Signal</i>	149
4.5 Gestor de Processos em Windows.....	150
4.5.1 Representação dos Processos e Tarefas.....	150
4.5.2 Diagrama de Estados das Tarefas.....	151
4.5.3 Criação de Processos e Tarefas	152
4.5.4 Escalonamento.....	153
4.5.4.1 Prioridades	153
4.5.4.2 <i>Quantum</i>	155
4.5.5 Tratamento Diferido de Interrupções	155
4.5.5.1 Objectos DPC.....	156
4.5.5.2 Objectos APC.....	156
4.5.6 Tratamento de Excepções.....	157
4.5.7 Gestor de Objectos.....	158
4.5.7.1 Estrutura dos Objectos	158
4.5.7.2 Acesso aos Objectos	159

5 - SINCRONIZAÇÃO: SECÇÕES CRÍTICAS	171
5.1 Necessidade das Secções Críticas.....	171
5.2 Requisitos de uma Secção Crítica	177
5.3 Exclusão Mútua Algorítmica.....	178
5.3.1 Algoritmos de Dekker e de Peterson	182
5.3.2 Algoritmo de Lamport	184
5.3.3 Avaliação das Soluções Algorítmicas	185
5.4 Exclusão Mútua Baseada no <i>Hardware</i>	185
5.4.1 Inibição de Interrupções	186
5.4.2 Instruções Especiais de Teste e Atribuição	187
5.4.3 Exclusão Mútua em Multiprocessadores.....	190
5.5 Exclusão Mútua com Objectos do Sistema Operativo.....	191
5.5.1 Objecto <i>Mutex</i>	192
5.5.2 <i>Mutex</i> POSIX.....	194
5.5.2.1 Criação e Terminação	195
5.5.2.2 Fechar.....	195
5.5.2.3 Abrir.....	196
5.5.3 Secções Críticas em Windows.....	197
5.5.3.1 <i>Mutex</i>	197
5.5.3.2 <i>Critical Section</i>	199
5.6 Sincronização no Núcleo.....	202
5.6.1 Funções de Sincronização do Núcleo.....	202
5.6.1.1 Unix.....	202
5.6.1.2 Windows - <i>Executive</i>	204
5.6.2 Secções Críticas no Código do Núcleo	204
5.6.2.1 Unix.....	204
5.6.2.2 Windows	205
6 - PROGRAMAÇÃO CONCORRENTE	209
6.1 Cooperação entre Processos	209
6.2 Sincronização no Modelo Computacional.....	211
6.2.1 Sincronização Directa.....	211
6.2.2 Sincronização Indirecta	214
6.3 Exemplos de Programação Concorrente.....	217
6.3.1 Sincronizar com um Acontecimento	217
6.3.2 Sincronizar a Gestão de Recursos	218

6.3.3	Sincronizar Clientes e Servidores (Problema do Barbeiro).....	220
6.3.4	Sincronizar Produtores e Consumidores de Informação	221
6.3.5	Sincronizar Leitores e Escritores de uma Estrutura de Dados	224
6.4	Interblocagem	226
6.4.1	Situações de Interblocagem	227
6.4.2	Métodos para Prevenir a Interblocagem.....	230
6.4.3	Tratamento da Interblocagem.....	232
6.5	Tipos de Objectos de Sincronização	233
6.5.1	Semáforos de Contagem.....	233
6.5.2	Semáforos Binários.....	233
6.5.3	Filas de Sincronização.....	234
6.5.4	Eventos de Sincronização.....	234
6.5.5	Barreiras de Sincronização	235
6.6	Objectos de Sincronização nos Sistemas de Referência.....	235
6.6.1	POSIX – Semáforos.....	235
6.6.1.1	Criação e Eliminação	236
6.6.1.2	Esperar e Assinalar	236
6.6.1.3	Consultar Contador	237
6.6.1.4	Sincronização Interprocessos.....	237
6.6.2	Windows – Semáforos.....	239
6.6.2.1	Criação e Eliminação	239
6.6.2.2	Esperar e Assinalar	240
6.6.3	Windows – Eventos	241
6.6.3.1	Criação e Eliminação	241
6.6.3.2	Esperar e Assinalar	242
6.6.4	Semáforos Unix	245
6.6.4.1	Criação e Eliminação	245
6.6.4.2	Função Genérica de Controlo do Grupo de Semáforos	246
6.6.4.3	Esperar e Assinalar	247
6.6.4.4	Semáforos de Contagem e Eventos	248
6.6.4.5	Agrupamento Atómico de Operações.....	249
6.6.4.6	Reversão de Operações.....	249
6.6.4.7	Consultar Contador	253
6.7	Monitores	254
6.7.1	Visão Axiomática da Sincronização.....	255
6.7.2	Estrutura do Monitor	257
6.7.3	Sincronização Explícita nos Monitores	258
6.7.3.1	Semântica do <i>Signal</i> de Hansen e Hoare	259
6.7.3.2	Semântica do <i>Signal</i> de Kessels.....	260
6.7.3.3	Semântica de Lampson e Redell.....	261
6.7.3.4	Invocação de Monitores a partir de Monitores	262
6.7.4	Monitores em Java e .NET	263

7 - MECANISMOS DE GESTÃO DE MEMÓRIA.....275

7.1	Espaço de Endereçamento de um Processo	275
------------	---	------------

7.2	Modelo Computacional.....	277
7.3	Hierarquia de Memória.....	279
7.4	Endereços Reais e Virtuais	280
7.5	Endereçamento Real	282
7.5.1	Sistemas Monoprogramados	282
7.5.1.1	Espaço de Endereçamento	283
7.5.1.2	Protecção.....	284
7.5.2	Sistemas Multiprogramados com Partições Fixas.....	285
7.5.2.1	Múltiplos Programas em Memória	285
7.5.2.2	Programas Recolocáveis	286
7.5.2.3	Fragmentação	287
7.5.2.4	Protecção.....	287
7.5.3	Sistemas Multiprogramados com Partições Variáveis	287
7.5.3.1	Fragmentação	288
7.6	Endereçamento Virtual	289
7.7	Segmentação	291
7.7.1	Objectivos.....	291
7.7.2	Mecanismo de Tradução de Endereços	292
7.7.2.1	Optimização do Mecanismo de Tradução de Endereços	294
7.7.3	Fragmentação.....	295
7.7.4	Protecção	295
7.7.5	Partilha de Memória entre Processos	295
7.8	Paginação	296
7.8.1	Objectivos	296
7.8.2	Espaço de Endereçamento.....	297
7.8.2.1	Tabela de Tradução de Endereços (TLB).....	299
7.8.2.2	Falta de Página.....	301
7.8.3	Fragmentação.....	302
7.8.4	Protecção	302
7.8.5	Partilha de Memória entre Processos	303
7.8.6	Dimensão das Páginas e Tabela de Páginas	304
7.8.6.1	Tabelas de Páginas Multível	305
7.8.6.2	Tabela de Páginas Invertida.....	307
7.9	Memória Segmentada/Paginada	311
7.10	Linux	312
7.10.1	Espaço de Endereçamento de um Processo.....	314
7.10.1.1	Regiões.....	315
7.10.2	Espaço de Endereçamento do Núcleo	316
7.10.3	Tabelas de Páginas.....	316
7.10.3.1	Protecção.....	318
7.10.3.2	PTE de Páginas Partilhadas	319
7.11	Windows.....	319
7.11.1	Espaço de Endereçamento de um Processo.....	320

7.11.1.1	Virtual Address Descriptors (VAD)	321
7.11.2	Tabelas de Páginas	322
7.11.2.1	Protecção	324
7.11.2.2	PTE de Páginas Partilhadas	324
8	ALGORITMOS DE GESTÃO DE MEMÓRIA	333
8.1	Introdução	333
8.2	Principais Operações de Gestão de	334
	Memória Virtual	334
8.2.1	Alocação de Memória	334
8.2.1.1	Na Criação e Terminação de Processos	334
8.2.1.2	Expansão do Espaço de Endereçamento	334
8.2.2	Transferência de Blocos	335
8.2.3	Substituição de Blocos	336
8.3	Gestão em Memória Segmentada	336
8.3.1	Alocação de Segmentos	336
8.3.1.1	Best-fit	338
8.3.1.2	Worst-fit	338
8.3.1.3	First-fit	339
8.3.1.4	Next-fit	340
8.3.1.5	Buddy	340
8.3.2	Transferência de Segmentos (<i>swapping</i>)	342
8.3.3	Substituição de Segmentos	343
8.4	Gestão em Memória Paginada	344
8.4.1	Alocação de Páginas	344
8.4.2	Transferência de Páginas	344
8.4.3	Substituição de Páginas	346
8.4.3.1	Menos Usada Recentemente (LRU)	347
8.4.3.2	Não Usada Recentemente (NRU)	348
8.4.3.3	FIFO	349
8.4.3.4	Clock	350
8.4.3.5	Espaços de Trabalho	351
8.4.4	Diagrama de Estados das Páginas	352
8.5	Análise Comparativa da Segmentação e Paginação	353
8.5.1	Segmentação	354
8.5.2	Paginação	354
8.6	Linux	355
8.6.1	Memória Primária	355
8.6.2	Alocação de Páginas	356
8.6.3	Transferência de Páginas (<i>paging</i>)	357
8.6.3.1	Falta de Página	357
8.6.4	Substituição de Páginas	359
8.7	Windows	362

8.7.1	Memória Primária	362
8.7.2	Alocação de Páginas	363
8.7.3	Transferência de Páginas (<i>paging</i>)	363
8.7.3.1	Falta de Página	363
8.7.3.2	Leitura de Páginas de Memória Secundária	364
8.7.3.3	Escrita de Páginas em Memória secundária	365
8.7.4	Substituição de Páginas	366
9	SISTEMA DE FICHEIROS	373
9.1	Organização do Sistema de Ficheiros	373
9.1.1	Entidades Fundamentais	374
9.1.2	Organização dos Nomes dos Ficheiros	375
9.1.2.1	Hierarquia de Nomes	376
9.1.2.2	Nomes Absolutos e Nomes Relativos	376
9.1.2.3	Espaço de Nomes	377
9.1.2.4	Nomes e Extensões	378
9.1.3	Tipos de Ficheiros	379
9.1.4	Atributos de um Ficheiro	380
9.1.5	Operações do Sistema de Ficheiros	381
9.1.5.1	Abertura, Criação e Fecho de Ficheiros	381
9.1.5.2	Operações sobre Ficheiros Abertos	381
9.1.5.3	Operações Complexas sobre Ficheiros	382
9.1.5.4	Operações sobre Directórios	383
9.1.5.5	Ficheiros Mapeados em Memória	383
9.1.5.6	Operações de Gestão	383
9.2	Estrutura Interna dos Sistemas de Armazenamento	384
9.2.1	Dispositivos de Memória Secundária	384
9.2.1.1	Características Físicas dos Discos Magnéticos	385
9.2.1.2	Organização Lógica	387
9.2.2	Organização Persistente dos Sistemas de Ficheiros	388
9.2.2.1	Organização em Lista	389
9.2.2.2	Organização com Descritores Individuais de Ficheiros	392
9.2.3	Estruturas de Suporte à Utilização dos Ficheiros	395
9.2.3.1	Canais Virtuais	396
9.2.3.2	Caches	396
9.2.3.3	Recuperação de Faltas	402
9.3	Linux	403
9.3.1	Modelo Computacional	403
9.3.2	Estrutura Interna	406
9.3.2.1	Estruturas Persistentes	407
9.3.2.2	Estruturas Persistentes de um Ficheiro	407
9.3.2.3	Estruturas em Memória	414
9.3.2.4	Caches de Dados	420
9.3.2.5	Sistema de Recuperação de Faltas	424
9.4	Windows	427
9.4.1	Modelo Computacional	427

9.4.1.1	Operações Especiais.....	427
9.4.1.2	Directórios.....	430
9.4.1.3	Ficheiros Mapeados em Memória.....	430
9.4.1.4	Operações Especiais.....	430
9.4.1.5	Gestão do Espaço de Nomes dos Ficheiros	431
9.4.2	Estrutura Interna	432
9.4.2.1	Estruturas Persistentes do Sistema de Ficheiros FAT	432
9.4.2.2	Estruturas Persistentes do Sistema de Ficheiros NTFS	435
9.4.2.3	Estruturas em Memória.....	440
9.4.2.4	Sistema de Recuperação de Faltas	446
10 - COMUNICAÇÃO ENTRE PROCESSOS.....		455
10.1	Modelo de Comunicação.....	456
10.1.1	Modelos de Interação entre Processos Produtor e Consumidor	456
10.1.1.1	Um-para-Um (Mestre-Escravo).....	457
10.1.1.2	Muitos - para - Um (Correio).....	458
10.1.1.3	Um-para-Um de Vários (Diálogo).....	459
10.1.1.4	Um-para-Muitos (Difusão)	460
10.1.1.5	Muitos-para-Muitos	461
10.1.2	Objecto Canal	462
10.1.2.1	Propriedades dos Canais	463
10.1.2.2	Operações sobre Canais	464
10.1.3	Características do Canal de Comunicação	466
10.1.3.1	Âmbito da Comunicação.....	466
10.1.3.2	Armazenamento de Mensagens	466
10.1.3.3	Estrutura das Mensagens.....	467
10.1.3.4	Sincronização.....	468
10.1.3.5	Ordenação, Direccionalidade e Fiabilidade	469
10.1.4	Implementação do Canal de Comunicação	469
10.2	Comunicação no Modelo Computacional	471
10.2.1	Zonas de Memória Partilhada.....	471
10.2.1.1	Características do Canal.....	472
10.2.1.2	Modelos de Interação	472
10.2.1.3	Exemplo	473
10.2.2	Caixas de Mensagens.....	473
10.2.2.1	Características do Canal.....	474
10.2.2.2	Modelos de Interação	475
10.2.2.3	Exemplo	475
10.2.3	Ligações Virtuais	476
10.2.3.1	Características do Canal.....	477
10.2.3.2	Modelos de Interação	478
10.2.3.3	Exemplo	478
10.2.4	Resumo	478
10.3	Comunicação entre Processos em Linux.....	480
10.3.1	<i>Pipes</i>	481
10.3.1.1	<i>Pipes</i> Anónimos	482

10.3.1.2	<i>Pipes</i> com Nome	484
10.3.2	<i>Sockets</i> Unix	486
10.3.2.1	Domínio	487
10.3.2.2	Tipos.....	487
10.3.2.3	Criação	488
10.3.2.4	Atribuição de Nome	489
10.3.2.5	<i>Sockets</i> com Ligação - <i>Stream</i>	489
10.3.2.6	<i>Sockets</i> sem Ligação - <i>Datagram</i>	496
10.3.2.7	Sincronização e Espera Alternativa	497
10.3.3	Caixas de Mensagens no Sistema V.....	500
10.3.3.1	Aspectos Gerais da API do Sistema V.....	501
10.3.3.2	Criação	502
10.3.3.3	Envio	502
10.3.3.4	Recepção	502
10.3.3.5	Ordenação das Mensagens.....	503
10.3.3.6	Configuração.....	503
10.3.3.7	Eliminação	504
10.3.3.8	Exemplo	504
10.3.3.9	Implementação	504
10.3.4	Comunicação por Memória Partilhada no Sistema V	505
10.3.4.1	Criação /Associação.....	506
10.3.4.2	Mapeamento.....	506
10.3.4.3	Leitura e Escrita	507
10.3.4.4	Terminação - Fecho de Vistas.....	507
10.3.4.5	Eliminação e Configuração.....	507
10.3.4.6	Exemplo	508
10.3.4.7	Implementação	509
10.3.5	Resumo	509
10.4	Comunicação entre Processos em Windows	511
10.4.1	<i>Pipes</i>	511
10.4.1.1	<i>Pipes</i> Anónimos	511
10.4.1.2	<i>Named Pipes</i>	512
10.4.2	<i>Mailslots</i>	519
10.4.2.1	Criação	519
10.4.2.2	Dimensão das Mensagens	519
10.4.2.3	Ordenação das Mensagens	520
10.4.2.4	Associação	520
10.4.2.5	Envio e Recepção.....	520
10.4.2.6	Leitura não Destrutiva de Mensagens.....	520
10.4.2.7	Difusão de Mensagens	521
10.4.2.8	Terminação e Eliminação	521
10.4.2.9	Exemplo	521
10.4.2.10	Implementação	523
10.4.3	Windows <i>Sockets</i>	523
10.4.3.1	API WSA	524
10.4.3.2	Implementação	528
10.4.3.3	Suporte para Comunicação Multiponto	530
10.4.3.4	Resumo das Evoluções e Diferenças	531

10.4.4	Memória Partilhada	532
10.4.4.1	Criação/Associação	532
10.4.4.2	Mapeamento	533
10.4.4.3	Escrita e Leitura	534
10.4.4.4	Terminação – Fecho de Vistas	534
10.4.5	Resumo	535
10.4.6	Mecanismos Exclusivos do Windows	537
10.4.6.1	<i>Atoms</i> e <i>Atom Tables</i>	537
10.4.6.2	Mensagens Endereçadas a Janelas	540
10.4.6.3	<i>Clipboard</i>	547
10.4.6.4	DDE – <i>Dynamic Data Exchange</i>	550
10.4.6.5	Resumo	553
11	- ENTRADAS/SAÍDAS	561
11.1	Objectivos do Subsistema de E/S	561
11.2	Arquitectura das E/S	563
11.3	Modelo Computacional das E/S	564
11.3.1	Elementos do Modelo	565
11.3.1.1	Abertura e Fecho do Periférico Virtual	566
11.3.1.2	Operações de Comunicação e Configuração	566
11.3.2	Partilha de Periféricos	569
11.4	Modelo de Acesso à Interface Gestor/Núcleo	570
11.4.1	Fluxo de Acções Típico	571
11.4.2	Gestores de Periféricos Fora/Dentro do Núcleo	572
11.5	Gestores de Periféricos	575
11.5.1	Comunicação entre o Gestor e o Periférico	575
11.5.1.1	Acesso do Processador ao Controlador	575
11.5.1.2	Transferência de Dados para o Controlador	577
11.5.1.3	Notificação de Final de Operação	579
11.5.1.4	Acesso do Sistema Operativo ao Controlador	580
11.5.2	Estrutura Interna do Gestor de Periférico	581
11.5.2.1	Armazenamento Temporário dos Dados	581
11.5.2.2	Interacção com a Gestão de Memória	582
11.5.2.3	Rotina de Interrupção	582
11.5.3	Administração dos Gestores de Periféricos	583
11.6	E/S no Unix	584
11.6.1	Modelo Computacional	584
11.6.1.1	Periféricos Integrados no Espaço de Nomes dos Ficheiros	585
11.6.1.2	Periféricos não Integrados no Espaço de Nomes dos Ficheiros	588
11.6.1.3	Gestores de Periféricos fora do Núcleo	589
11.6.2	Interface Linux – Gestores de Periféricos	590
11.6.2.1	Gestores de Bloco e Carácter	590
11.6.2.2	Gestores dos Periféricos de Comunicação	594
11.6.2.3	Tratamento de Interrupções	594

11.6.3	Administração dos Gestores de Periféricos	595
11.6.3.1	Inserção/Remoção de um Módulo no Núcleo	596
11.6.3.2	Iniciação de um Gestor de Periféricos	599
11.6.3.3	Acesso e Configuração do Periférico	601
11.6.3.4	Instalação Automática (<i>hot-plug</i>)	603
11.6.3.5	Modelo de Gestão de Periféricos	603
11.6.3.6	Cadeia de Acontecimentos de Instalação Automática	604
11.7	E/S no Windows	605
11.7.1	Modelo Computacional	606
11.7.2	Modelo de Gestão de Periféricos	608
11.7.2.1	Gestor de Objectos	609
11.7.2.2	Gestor de E/S	610
11.7.2.3	Gestores de Periféricos	611
11.7.3	Interface Windows / Gestores de Periféricos	614
11.7.3.1	Objectos Manipulados pelos KDD	614
11.7.3.2	Realização das Operações de E/S	616
11.7.3.3	Tratamento de Interrupções	620
11.7.4	Administração dos Gestores de Periféricos	622
11.7.4.1	Instalação Automática (<i>plug-and-play</i>)	623
12	- SEGURANÇA	631
12.1	Objectivos de Segurança	631
12.2	Ameaças	633
12.3	Vulnerabilidades	635
12.4	Modelo de Segurança	637
12.4.1	Recurso Protegido	637
12.4.2	Políticas de Autorização	638
12.4.3	Autenticação	638
12.4.4	Confinamento	638
12.4.5	Prevenção <i>versus</i> Detecção	640
12.5	Mecanismos de Confinamento	640
12.5.1	Limitação do Espaço de Endereçamento	641
12.5.2	Operações Protegidas	641
12.5.3	Modos de Execução	641
12.5.4	Suporte de <i>Hardware</i> aos Mecanismos de Confinamento	642
12.5.5	Confinamento em Máquinas Virtuais Aplicacionais	645
12.6	Autenticação de Utilizadores	645
12.6.1	Autenticação com Senhas	646
12.6.1.1	Escuta	647
12.6.1.2	Adivinhação	647
12.6.1.3	Autenticação Unidireccional	648
12.6.1.4	Ataques de Dicionário e <i>Salt</i>	648
12.7	Autorização	649

12.7.1	Espaço de Operações	649
12.7.2	Contexto.....	650
12.7.3	Matriz de Controlo de Acessos.....	650
12.7.3.1	ACL e Capacidade	650
12.7.3.2	Modelo Administrativo.....	651
12.7.3.3	Propriedades Comuns do Modelo Administrativo	652
12.8	Registo de Acções	653
12.9	Avaliação da Segurança.....	654
12.10	Unix	657
12.10.1	Confinamento.....	657
12.10.2	Autenticação	657
12.10.2.1	Registo de Senhas	658
12.10.2.2	Registo de Grupos.....	658
12.10.2.3	Registos Escondidos	659
12.10.2.4	<i>Pluggable Authentication Modules</i>	659
12.10.3	Autorização.....	660
12.10.3.1	Superutilizador.....	660
12.10.3.2	ACL.....	661
12.10.3.3	Amplificação de Direitos	662
12.10.4	Registo de Acções.....	663
12.11	Windows	664
12.11.1	Confinamento.....	664
12.11.2	Autenticação	664
12.11.2.1	Autenticação Interactiva	666
12.11.2.2	Autenticação não Interactiva.....	667
12.11.3	Autorização.....	667
12.11.3.1	Privilégios	668
12.11.3.2	ACL.....	668
12.11.3.3	Verificação de Direitos	668
12.11.3.4	Atribuição de ACL.....	669
12.11.3.5	Descritor de Acesso	670
12.11.4	Registo de Acções.....	671
LISTA DE ACRÓNIMOS		679
BIBLIOGRAFIA		687
ÍNDICE REMISSIVO.....		693

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	- O sistema operativo como máquina virtual.....	6
Figura 1.2	- Evolução histórica dos sistemas operativos	10
Figura 1.3	- Monitor de controlo	11
Figura 1.4	- Tratamento por lotes (<i>batch</i>).....	13
Figura 1.5	- Multiplexagem do tempo do processador	14
Figura 1.6	- Sistema multiprogramado	14
Figura 1.7	- Tempo partilhado	16
Figura 1.8	- Memória virtual	18
Figura 2.1	- Organização do sistema operativo	30
Figura 2.2	- Organização do núcleo.....	31
Figura 2.3	- Processos activos em Linux	31
Figura 2.4	- Memória utilizada pelos processos em Windows	32
Figura 2.5	- <i>File-Explorer</i> no Windows	33
Figura 2.6	- Interrupção vectorizada.....	37
Figura 2.7	- Operações numa chamada sistema.....	39
Figura 2.8	- Modelo monolítico.....	42
Figura 2.9	- Modelo em camadas	43
Figura 2.10	- Arquitectura micronúcleo	44
Figura 2.11	- Evolução inicial do Unix	49
Figura 2.12	- Unix versão Berkeley (BSD)	51
Figura 2.13	- Sistema operativo Windows	54