



SISTEMAS OPERACIONAIS

Módulo 1 – Noções Base de Sistemas Operacionais

Prof. Daniel Sundfeld
daniel.sundfeld@unb.br



ROTEIRO

- Conceitos básicos
- Funções de um Sistema Operacional
- Histórico de Sistemas Operacionais
- Tipos de Sistemas Operacionais
- Sistemas Operacionais Usuais
- Estrutura de Sistemas Operacionais

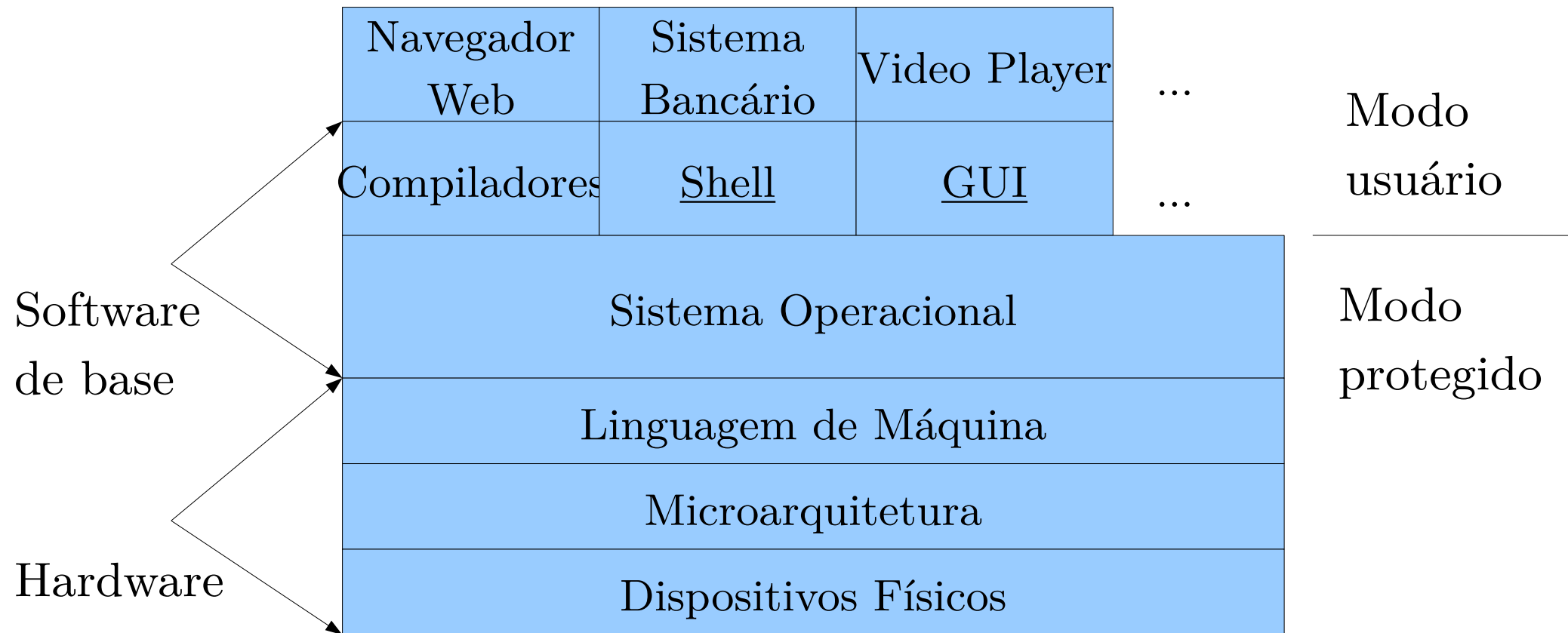


ROTEIRO

- Computador
 - Hardware: componentes físicos
 - Software: conjunto de todos os programas
- Sistema Operacional é um programa ou conjunto de programas

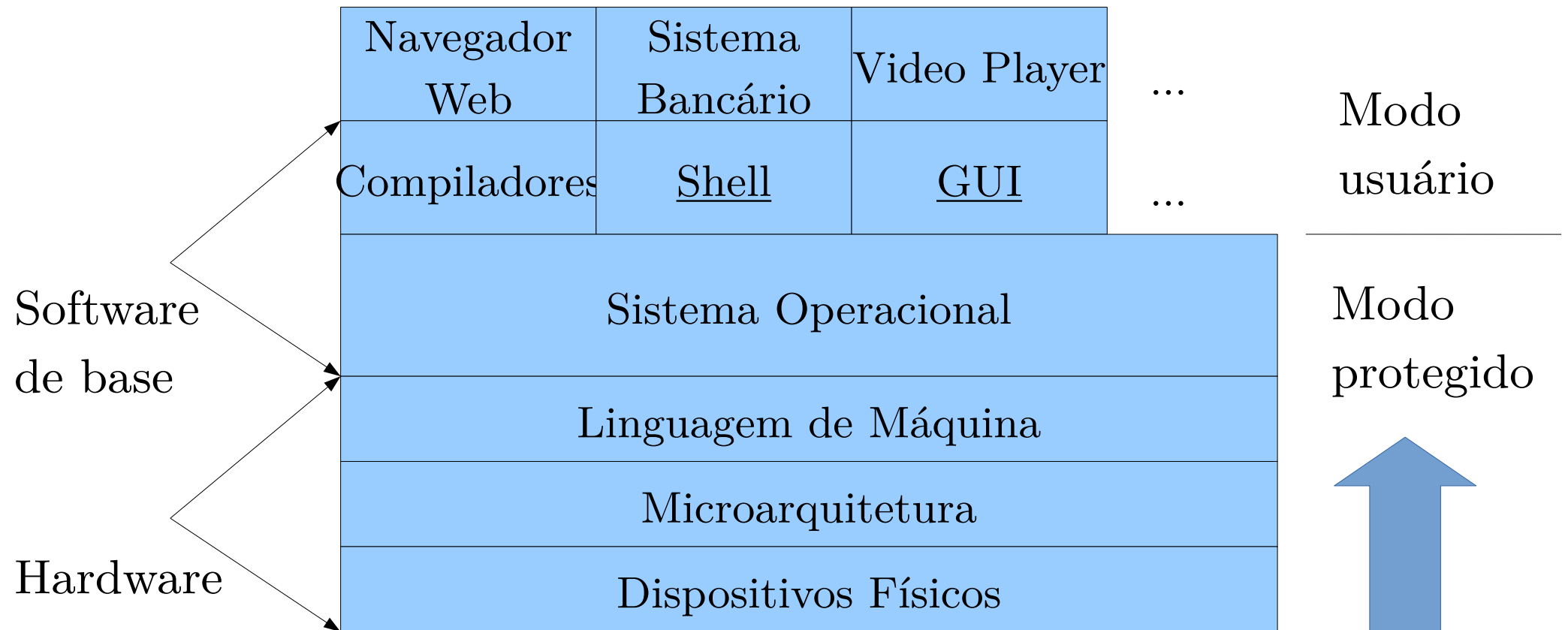


VISÃO GERAL DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL





VISÃO GERAL DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL



Atenção: modo protegido **NÃO É** modo administrador/modo usuário. Ele é ainda mais forte/restrito



SISTEMAS OPERACIONAIS

- Tanenbaum: a maioria dos SOs possuem dois modos de operação: modo protegido (modo kernel) e modo usuário
- Algumas instruções são utilizadas para controlar o hardware, como instruções de entrada e saída, que fazem modificação no disco rígido, por exemplo
- No modo usuário, algumas instruções são proibidas de executar (instruções privilegiadas)



SISTEMAS OPERACIONAIS

- **Definição:**

- O SO é a parte fundamental de software que executa em modo protegido, onde possui acesso a todo hardware e pode executar qualquer instrução que a máquina é capaz de executar



SISTEMAS OPERACIONAIS

- Machado & Maia: A grande diferença entre um sistema operacional e aplicações convencionais é a maneira como suas rotinas são executadas em função do tempo.
- Um sistema operacional não é executado de forma linear como na maioria das aplicações, com início, meio e fim
- Suas rotinas são executadas concorrentemente em função de eventos assíncronos (que podem ocorrer a qualquer momento)



SISTEMAS OPERACIONAIS

- Questão: Os sistemas operacionais (CESPE/TRE-PE/2016)
 - a) fazem parte dos chamados softwares aplicativos, incorporando diversas funções.
 - b) servem para armazenar dados enquanto o computador estiver ligado.
 - c) incorporam muitos recursos à máquina, tornando-a quase sempre multiprocessadora e plug-and-play.
 - d) têm rotinas que não são executadas de forma linear, mas, sim, concorrentemente, em função de eventos assíncronos.
 - e) são programas importantes para se detectar e limpar vírus de computador.



SISTEMAS OPERACIONAIS

- Questão: Os sistemas operacionais (CESPE/TRE-PE/2016)
 - a) fazem parte dos chamados softwares aplicativos, incorporando diversas funções.
 - b) servem para armazenar dados enquanto o computador estiver ligado.
 - c) incorporam muitos recursos à máquina, tornando-a quase sempre multiprocessadora e plug-and-play.
 - d) têm rotinas que não são executadas de forma linear, mas, sim, concorrentemente, em função de eventos assíncronos.
 - e) são programas importantes para se detectar e limpar vírus de computador.



FUNÇÃO DE UM SISTEMA OPERACIONAL

- Qual a função de um sistema operacional?
 - Madnick 74: O sistema operacional é o gerenciador de recursos da máquina
 - Fortier 86: O sistema operacional fornece ao usuário uma visão de sua interface com a máquina
- Krakowiack87/Tanenbaum95: Um sistema operacional possui duas grandes funções: criar para o usuário uma **abstração do hardware** (máquina estendida) e **gerenciar os recursos** da máquina



MÁQUINA ESTENDIDA

- O sistema operacional apresenta ao usuário uma máquina estendida, mais simples de programar que a máquina real
- Também chamada de máquina abstrata, ela é equivalente ao hardware, mas mais simples de manipular





MÁQUINA ESTENDIDA

- Leitura de arquivo em disco
- Hardware: verificar a rotação do HD, posicionar o cabeçote na trilha correta, realizar a operação de leitura/escrita, etc.
- Máquina estendida: aceita chamadas
 `fp = fopen(...);`
 `fread(fp, ...);`



MÁQUINA ESTENDIDA

- Além disso, existem dezenas de informações que influenciam: sistemas de arquivos (ext4, NTFS)
- Se o programador tivesse que se preocupar com todos esses detalhes, existiriam pouquíssimos programas portáteis
- A função do sistema operacional de máquina estendida esconde tal complexidade do hardware, protegendo programadores e usuários



GERENCIADOR DE RECURSOS

- O computador é um conjunto de recursos que serão compartilhados
 - Físicos: processadores, memórias, discos, rede, ...
 - Abstratos: processos, arquivos, ...
- O sistema operacional deve proteger esses recursos, especialmente em ambientes com múltiplos usuários, de forma que não interfiram uns nos outros



GERENCIADOR DE RECURSOS

- Exemplos típicos de gerenciador de recursos:
 - Uso de CPU: um programa pode usar a CPU durante um tempo, porém após um determinado período o SO deve permitir que outro programa execute
 - Uso de memória: um programa deve ser terminado caso altere uma região de memória que não lhe pertence



GERENCIADOR DE RECURSOS

- Para todo recurso, o SO deve:
 - Manter informações sobre o recurso (endereço, estado, etc.)
 - Decidir quem pode acessar o recurso
 - Alocar e liberar o recurso
- É desejável no gerenciamento de recursos:
 - Ser eficiente, maximizando a utilização de recursos
 - Possuir um tempo de resposta previsível



HISTÓRIA DOS SISTEMAS OPERACIONAIS

- A evolução dos sistemas operacionais está intimamente ligada à evolução dos computadores e suas principais formas de uso
- Podemos separar em décadas a evolução dos computadores
- Não é o método mais preciso, mas provê alguma organização entre as diferentes gerações



HISTÓRIA DOS SISTEMAS OPERACIONAIS

- O primeiro computador verdadeiramente digital foi projetado por Charles Babbage (1792-1871)
- É chamado de máquina analítica
- No entanto, nunca foi implementando pois ela era puramente mecânica e tecnologia não permitia a criação de mecanismos precisos
- Charles Babbage percebeu que precisava de alguém para programar e contratou uma jovem chamada Ada Lovelace: a primeira programadora





HISTÓRIA DOS SISTEMAS OPERACIONAIS

- Eles observaram que seria necessário gerenciar os recursos computacionais, mas o conceito de Sistemas Operacionais não foi formalizado na época
- Até o período da segunda guerra mundial, poucos avanços ocorreram na construção de computadores



PRIMEIRA GERAÇÃO (1945-1955)

- Durante 1945 e 1955 surgiu a primeira geração dos computadores, os computadores a válvula
- O primeiro computador digital funcional foi criado na Universidade de Iowa com 300 válvulas
- Outros computadores surgiram nessa época: Z3 em Berlim, Colossus na Inglaterra (incluindo Alan Turing), Mark I em Harvard, também Inglaterra, ENIAC na Pensilvânia
- Todos computadores eram muito primitivos



PRIMEIRA GERAÇÃO (1945-1955)

- Nesta época, o mesmo grupo de pessoas eram responsáveis por projetar, construir, programar, operar e manter cada máquina funcionando
- Toda programação era feita em código de máquina absoluta, ou ligando diretamente circuitos elétricos
- Não havia o conceito de linguagem de programação, nem de sistemas operacionais



SEGUNDA GERAÇÃO (1955-1965)

- A substituição das válvulas por transistores mudou o desenvolvimento dos computadores radicalmente no começo da década de 1950
- Pela primeira houve diferença entre os papéis dos projetistas, construtores, operadores, programadores e manutenção
- Os computadores eram máquinas de grande porte (mainframes) e ficavam isoladas em grandes salas climatizadas



SEGUNDA GERAÇÃO (1955-1965)

- Apenas grandes corporações e governos tinham acesso à essas máquinas
- Para executar uma tarefa, um programador escrevia o programa em um papel e perfurava cartões
- Ele levava os cartões a um operador e então aguardava o resultado, provavelmente em um cafeteria mais próxima



SEGUNDA GERAÇÃO (1955-1965)

- Quando o computador terminava, o operador ia até a impressora e pegava o resultado, armazenando-o em uma das salas para que o programador pudesse pegá-la mais tarde
- Muito tempo era desperdiçado enquanto o operador caminhava de uma sala a outra



SEGUNDA GERAÇÃO (1955-1965)

- Para economizar os recursos e diminuir o tempo desperdiçado, surgiu nessa época um conceito utilizado até hoje: os sistemas em lote (batch)
- Reunir em um lote de tarefas na sala de entrada e então passá-lo para uma fita magnética, usando um computador pequeno e relativamente barato
- Esse computador era bom em leitura de cartões e cópias de fitas, mas era ruim para processamento e cálculos



SEGUNDA GERAÇÃO (1955-1965)

- A computação real era utilizado em um computador mais caro
- Desta forma, um lote de tarefas e cartões era coletado por cerca de uma hora e montava as tarefas em uma fita
- O operador carregava um programa que lia a primeira tarefa da fita e então a executava, armazenando a saída em uma segunda fita



SEGUNDA GERAÇÃO (1955-1965)

- O sistema operacional era responsável por ler a tarefa das fitas, executar, e ao término da tarefa ler a próxima tarefa da fita
- Desta forma, as tarefas eram executadas sequencialmente



SEGUNDA GERAÇÃO (1955-1965)

- Quando o lote era processado, a fita com as tarefas era substituída, e a fita com os dados de saída era levada a uma impressora
- Esses grandes computadores da segunda geração foram amplamente utilizados para cálculos científicos e de engenharia



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- No início da década de 1960, existiam duas linhas de produtos dentre os fabricantes, normalmente incompatíveis entre si:
- Computadores de grande porte, científicos de grande escala, orientados a palavras
- Computadores comerciais, orientados a caracteres e impressão de fitas, utilizados por bancos e companhias de seguros



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- Nesta época, a IBM inovou no mercado de computação, com o System/360: uma série de máquinas com software compatíveis
- Essas máquinas possuíam uma diferença de preço e desempenho considerável
- Todas as máquinas tinham a mesma arquitetura e conjunto de instrução
- Primeira linha que utilizou circuitos integrados



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- Essa série foi um sucesso comercial
- Porém a própria inovação de “família única” também foi seu ponto fraco
- Todo software, incluindo o sistema operacional OS/360 funcionasse em todos os modelos
- Esse SO tinha que funcionar em máquinas muito distintas e diferentes escalas
- A indústria de desenvolvimento não estava tão amadurecida e foi um problema criar o software



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- Cada versão corrigia diversos problemas e introduzia diversos novos, de forma que acreditasse-se que o número de bugs ficou constante ao longo do tempo
- Os SOs de terceira geração também introduziram um conceito fundamental em todos os sistemas operacionais modernos: a **multiprogramação**



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- Nesta geração, pela primeira vez, pode-se afirmar que existiam dois processos ativos concorrentemente no sistema operacional
- Mas a concorrência era muito primitiva: quando uma tarefa atual fazia uma pausar para esperar uma fita ou outra operação de E/S, a CPU ficava ociosa até o término da E/S



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- A solução encontrada foi dividir a memória em várias partes, com uma tarefa diferente em cada partição:

Tarefa 3
Tarefa 2
Tarefa 1
SO



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- Enquanto uma tarefa aguardava uma operação de E/S a outra poderia avançar
- Para isso, foram necessárias modificações no hardware para proteger as partições contra transgressões ou bugs das outras



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- Outro aspecto adicionado a essa geração foi a capacidade de transferir tarefas de cartões para discos tão logos eram trazidos para a sala de computador
- Sempre que uma tarefa sendo executada terminava, o sistema operacional podia carregá-la do disco para a memória e executá-la
- Essa técnica é chamada de **spooling**



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- O spooling é uma técnica que permite acesso para a dispositivos muito lentos, armazenando temporariamente dados em uma memória secundária
- Hoje em dia, essa técnica ainda é utilizada nas impressoras (spooling de impressão)



TERCEIRA GERAÇÃO (1965-1980)

- Na terceira geração, também surgiu o conceito de timesharing: os usuários poderiam compartilhar a CPU e recursos, sendo que cada um deles tinha direito a usar uma fatia de tempo
- O primeiro a ter sucesso com isso foi um sistema chamado de MULTICS, que introduziu muitas ideias seminais na literatura da computação



QUARTA GERAÇÃO (1980-ATUAL)

- A principal alteração da quarta geração foi o desenvolvimento dos circuitos em larga escala (LSI)
- A grande mudança nessa geração foi a popularização dos computadores pessoais
- A IBM entrou no mercado de microcomputadores pessoais
- A Intel virou a uma grande referência como fabricante de processadores



QUARTA GERAÇÃO (1980-ATUAL)

- A Universidade de Berkeley na Califórnia, desenvolveu sua própria versão do sistema Unix (Berkeley Software Distribution – BSD)
- Também surgiram as primeiras interfaces gráficas como o Microsoft Windows
- Também surgiram sistemas operacionais de rede e sistemas operacionais distribuídos, são sistemas operacionais que estão conscientes da existência de mais de uma máquina



QUARTA GERAÇÃO (1980-ATUAL)

- Os primeiros telefone móveis surgiram na década de 70 e foram lentamente se popularizando
- No entanto, o primeiro smartphone surgiu na década de 90, quando a Nokia combinou dois dispositivos distintos: um telefone e um PDA (Personal Digital Assistant)
- Em 1997, a Ericson cunhou o termo smartphone para o seu telefone Penelope GS88



QUINTA GERAÇÃO (2010-ATUAL)

- No entanto, Nokia e Ericson atualmente sumiram do mercado dominado pela Apple e Google
- Alguns autores classificam a era dos smartphones e sistemas portáteis como uma nova geração de sistemas operacionais
- De fato, a introdução do iOS e Android, mudaram a forma da computação ser usada: de computadores a dispositivos portáteis
- Os smartphones são uma nova geração: a de computadores portáteis



QUINTA GERAÇÃO (2010-ATUAL)

- Android e iOS são os que dominam o mercado atualmente
- No entanto, vários outros podem ser classificados como sistemas operacionais embarcados: o Symbian OS e o Blackberry OS são exemplos
- No entanto, a maioria dos conceitos fundamentais de SO (que veremos ao longo do curso) não foi alterado por essa nova geração



ROTEIRO

- Parte II: Classificações de sistemas operacionais



TIPOS DE SISTEMAS OPERACIONAIS

- Os sistemas operacionais podem ser classificados em três categorias:
 - Sistemas Monoprogramáveis / Monotarefa
 - Sistemas Multiprogramáveis / Multitarefa
 - Sistemas com Múltiplos Processadores



SISTEMAS MONOPROGRAMÁVEIS

- Sistemas Operacionais voltados à execução de um único programa
- Processador, memória, periféricos, permanecem dedicados à um único programa
- Sistemas monotarefa possuem a raiz nos computadores da década de 60
- MS-DOS da Microsoft



SISTEMAS MULTIPROGRAMÁVEIS

- Os sistemas multiprogramáveis permitem que os recursos computacionais sejam compartilhados entre os diversos usuários e aplicações
- Enquanto um programa espera um evento, outros podem utilizar o processamento
- O sistema operacional é responsável por gerenciar acessos concorrentes aos mesmos recursos
- Redução no tempo de resposta



SISTEMAS MULTIPROGRAMÁVEIS

- Sistemas multiprogramáveis:
 - Sistemas Batch
 - Sistemas de tempo compartilhado
 - Sistemas de tempo real



SISTEMAS BATCH

- Criados na década de 60, inspirado nos cartões perfurados e fitas magnéticas
- Não exige interação do usuário com a aplicação
- As aplicações são organizadas e processadas em lote



SISTEMAS DE TEMPO COMPARTILHADO

- Os sistemas de tempo compartilhado permitem que diferentes programas sejam executados a partir da divisão de tempo do processador em pequenas fatias de tempo (time-slice)
- Diversas mudanças no SO e no hardware são necessárias para permitir esse comportamento
- Principais detalhes do tópico “gerência de processo”
 - Windows 98
 - Linux 2.4



SISTEMAS DE TEMPO REAL

- Possuem certas semelhança ao tempo compartilhado
- Porém, o tempo real exige aplicações rígidas de limite de tempo a ser cumprido
- Subclassificados em tempo real crítico: caso ocorra grandes prejuízo
- Controle de tráfego aéreo, controle de indústria automobilística



SISTEMAS COM MÚLTIPLOS PROCESSADORES

- Possuem dois ou mais processadores interligados e trabalhando em conjunto
- Permite vários programas sejam efetivamente executados ao mesmo tempo
- Permite que um programa seja executado mais rapidamente (se o programa for multithreaded)
- Herdaram vários fundamentos do time-sliced
 - Windows XP e posteriores
 - Linux 2.6 e posteriores



SISTEMAS OPERACIONAIS USUAIS

- Classificação de alguns sistemas operacionais amplamente utilizados
 - Sistemas operacionais de computadores pessoais
 - Sistemas operacionais de servidores
 - Sistemas operacionais embarcados



SISTEMAS OPERACIONAIS DE COMPUTADORES PESSOAIS

- Sistemas operacionais comumente utilizados para o uso simultâneo de apenas um usuário
- Utilizados em computadores de mesa, notebook
- Tipicamente, contém um pacote de escritório, com editores de texto, planilhas eletrônicas
 - Windows XP, Windows 7, Windows 8.1, Windows 10
 - Linux: Ubuntu, Fedora, OpenSuse



SISTEMAS OPERACIONAIS DE SERVIDORES

- Sistemas cujo objetivo é servir o maior número de usuários ao mesmo tempo
- Pode incluir diferentes tipos de serviços: servidor web, e-mail, servidor de autenticação, servidor de backup, etc.
- Windows 2008 Server, Windows 2012 Server
- Linux: Cent OS, Red Hat, Slackware



SISTEMAS OPERACIONAIS EMBARCADOS

- Sistema muito popular de grande crescimento ultimamente
- Sistemas operacionais que funcionam em equipamentos que não aparentam ser um computador: micro-ondas, TV, celulares e smartphones
 - PalmOS, Windows CE
 - Android, iOS, Windows Phone



ESTRUTURA DOS SISTEMAS OPERACIONAIS

- Uma das mais importantes classificações dos sistemas operacionais é de acordo com a estrutura que seu kernel (núcleo) está organizado
- Tema de ampla pesquisa na década de 90
 - Sistemas Monolíticos
 - Sistemas em Camadas
 - Máquinas Virtuais
 - Micro-kernel (cliente/servidor)
 - Exo-kernel



SISTEMAS MONOLÍTICOS

- É a organização de SO mais comum
- O SO operacional roda em modo protegido, todo restante em modo usuário
- Tanenbaum: “Não há estrutura”/“Uma grande bagunça”
- A estrutura do SO é mantida em organização de código
- Possui a melhor organização para tempo de resposta



SISTEMAS MONOLÍTICOS

- Todos os procedimentos do núcleo são visíveis a todos os outros
- Para se obter uma estrutura: todos os procedimentos são forçados a fazer uma SVC (supervisor call). Organização do Unix comercial
- Possui três camadas: um procedimento principal que chama os procedimentos de serviço. E procedimentos utilitários, compartilhados entre os de serviço



SISTEMAS MONOLÍTICOS

- Alguns sistemas monolíticos modernos não incluem todas as possibilidades e serviços no núcleo, pois isso ocupa muito espaço em memória
- Esses sistemas permitem “módulos de kernel”, dados existentes no espaço de usuário que são inseridos pelo administrador (root) no kernel
- Ex: ntfs.ko
- `# modprobe ntfs`



SISTEMAS EM CAMADAS

- O sistema é organizado em camadas funcionais
- Cada camada faz uma chamada à camada inferior
- THE (1968 – Dijkstra), MULTICS (Bell, MIT)
- A noção de camadas é fortemente reforçada pelo hardware



SISTEMAS EM CAMADAS

- Sistema Operacional THE:

5	Operador
4	Programas do usuário
3	Gerenciamento de E/S
2	Comunicação operador/processo
1	Gerenciamento de memória e tambor
0	Alocação de processador e multiprogramação



MICRO-KERNEL

- Modelo cliente-servidor
- A maior parte das funções do SO é implementada a nível de usuário (processos clientes)
- O núcleo é visto como um servidor para os clientes, implementando a abstração de processos e comunicação entre eles
- Falha em um servidor de arquivos não afeta o kernel



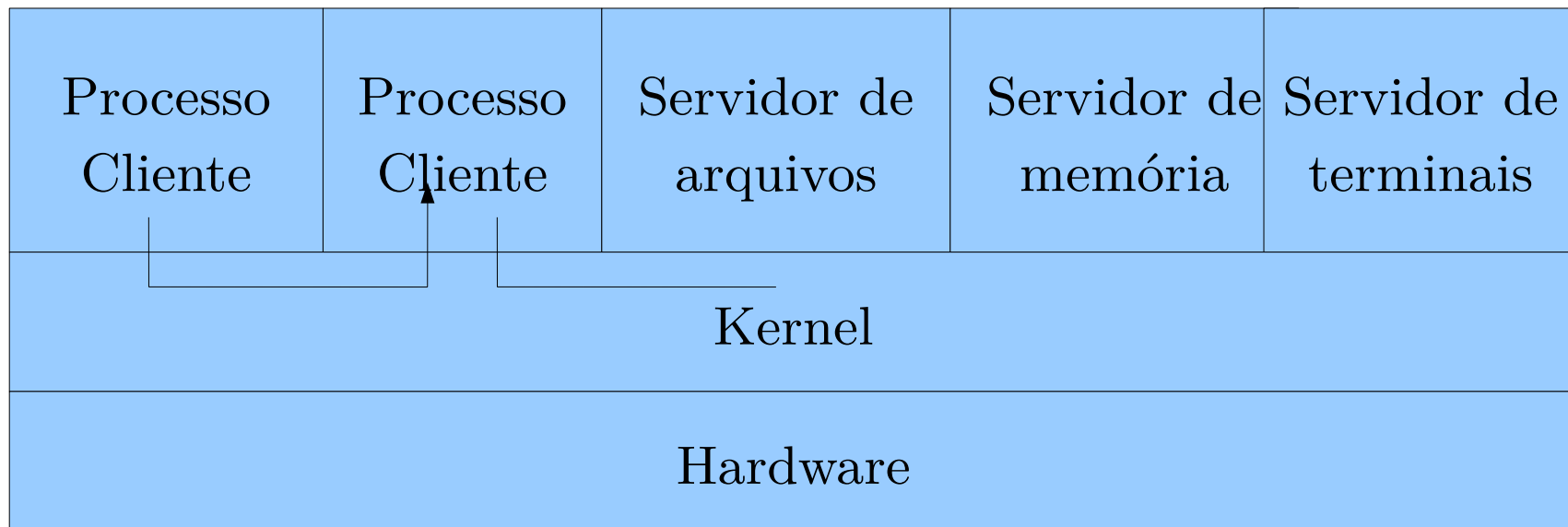
MICRO-KERNEL

- Os processos interagem com SO através de troca de mensagens
- Alta adaptabilidade a sistemas distribuídos
- Algumas partes de SO é impossível implementar esse esquema: carregar comandos nos registradores físicos
- Difícil implementação, mas relativa popularidade no meio



MICRO-KERNEL

- Sistema Operacional Distribuído Mach:





MÁQUINAS VIRTUAIS

- Os sistemas operacionais estruturados como máquinas virtuais possuem, no mais baixo nível, um monitor de máquina virtual
- Monitor de máquina virtual é executado pelo hardware
- Em cima do monitor, várias máquinas virtuais podem ser utilizadas
- As máquinas virtuais implementam uma cópia do hardware configurável



MÁQUINAS VIRTUAIS

- Hypervisor tipo 1 (Ex: ESX Server da VMware):

Aplicações	Aplicações
Guest OS	Guest OS
Hardware Virtual	Hardware Virtual
Monitor de Máquina Virtual	
Hardware	

Monitor de Máquina Virtual é um SO do tipo Máquinas Virtuais



MÁQUINAS VIRTUAIS

- Não confundir com uso de um Host SO.
Hypervisor tipo 2 (Ex: VMware Workstation):

Aplicações	Aplicações
Guest OS	Guest OS
Hardware Virtual	Hardware Virtual
HostSO	
Hardware	

kmod: módulo
núcleo
Que na prática
é
necessário

Host SO é um outro tipo de SO (Monolítico, Camadas, etc.)



EXO-KERNEL

- As abordagens de máquina virtual tendem a criar um clone de (partes) da máquina real
- Uma outra estratégia é dividir: uma máquina virtual recebe blocos de disco de 0 a 1023 e a outra de 1023 a 2047
- Desta forma, inserimos um software em modo protegido que apenas garante que os recursos são divididos entre os usuários



EXO-KERNEL

- Poupa recursos retirando camada de mapeamento
- Foco na multiplexação segura do hardware
- Expõe o hardware às aplicações / ao espaço de usuário
- Com as primitivas básicas de hardware, podem ser implementadas em modo usuário as abstrações tradicionais do SO



EXO-KERNEL

- O conceito de SO é dividido em duas partes
 - Exo-kernel: núcleo minimalista que faz a multiplexação segura entre os recursos de hardware, protegendo-os
 - LibOS (sistemas operacionais biblioteca): conjunto de biblioteca que gerenciam recursos e oferecem abstrações de alto nível para as aplicações



CONTÊINERES

- Um concorrente das máquinas virtuais são os contêineres (Ex: Docker, Podman).
- Frequentemente, utiliza-se máquinas virtuais para isolar as aplicações em execução na mesma máquina
- Mas nesse caso, é necessário simular um sistema operacional completo



CONTÊINERES

- Utilizam namespace, cgroups, selinux para isolar processos, ou seja, usam várias funcionalidades do SO, mas não são SO: rodam em modo usuário (administrador)
- Os contêiners compartilham o núcleo do sistema operacional

Aplicações	Aplicações
BINS/LIBS	BINS/LIBS
Docker Daemon	
Host OS	
Hardware	



CONTÊINERES

- Fora isso, cada contêiner pode escolher as suas bibliotecas de espaço de usuário
- As informações dos contêiners são isoladas (sandbox)
- Se existir alguma incompatibilidade entre as bibliotecas, os contêiners não serão afetados



CONTÊINERES

- Desvantagens: não é possível executar em um SO completamente diferente do hospedeiro
- Contêiners são isolados a nível de processo: se um contêiner tem permissão de alterar o núcleo do sistema operacional e induzir uma instabilidade, ela será compartilhada por todos os contêiners



ROTEIRO

- Conceitos básicos
- Funções de um Sistema Operacional
- Histórico de Sistemas Operacionais
- Tipos de Sistemas Operacionais
- Sistemas Operacionais Usuais
- Estrutura de Sistemas Operacionais



Referências

- Capítulo 1 – TANENBAUM, A. S. *Sistemas Operacionais Modernos*. 4^a ed. Prentice Hall, 2016.
- Capítulos 1 e 4 – MACHADO, F. B; MAIA, L. P. *Arquitetura de Sistemas Operacionais*. 5^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.