

# SISTEMAS OPERATIVOS

## Evolução dos sistemas operativos

António Godinho

# O QUE É UM SISTEMA OPERATIVO?

## **Perspetiva de máquina virtual:**

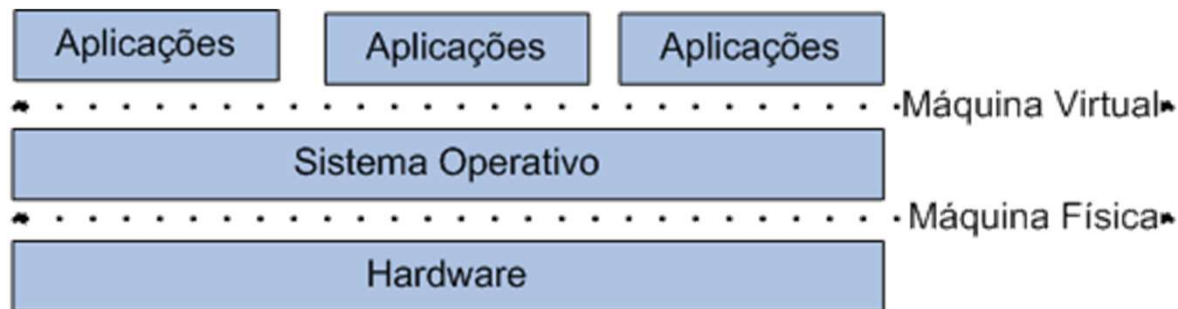
- SO é uma extensão do hardware que implementa uma interface para as aplicações.

## **Perspetiva de gestor de recursos:**

- SO é um gestor dos recursos físicos e lógicos do sistema.
  - Recursos físicos (hardware): processador, memória, dispositivos de entrada/saída(E/S), discos, terminais, etc.
  - Recursos lógicos (software): programas, ficheiros, base de dados, interfaces com o utilizador, etc. Os recursos lógicos são abstrações definidas de forma a aproximar as entidades do mundo real, que se pretendem automatizar, dos sistemas computacionais.

# O QUE É UM SISTEMA OPERATIVO?

SO pertence à categoria dos programas que suportam e gerem os recursos lógicos. Cria uma máquina virtual sobre a máquina física que oferece os recursos lógicos necessários ao desenvolvimento e execução de aplicações (compiladores, sistemas de gestão de ficheiros, interfaces com o utilizador, etc.).



# FUNÇÕES DO SISTEMA OPERATIVO

## Máquina virtual

- Implementar uma camada de software que esconde os recursos físicos, disponibilizando os recursos lógicos que são utilizados pelas aplicações.
- Criar modelos uniformes dos recursos lógicos para todas as linguagens de programação, simplificando a sua utilização.
- Disponibilizar uma interface de programação simples e completa de modo a facilitar o desenvolvimento de aplicações, a sua manutenção e portabilidade.
- Implementar mecanismos de segurança e de tolerância a falhas no acesso aos recursos.

# FUNÇÕES DO SISTEMA OPERATIVO

## Gestor de recursos

- Eficiência no uso dos recursos físicos e lógicos, maximizando o desempenho.
- Segurança e proteção (isolamento entre utilizadores, partilha segura de recursos lógicos).
- Fiabilidade (detecção e recuperação de falhas, tolerância a erros).
- Interface de operação e gestão dos recursos lógicos de fácil utilização.

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

## **A evolução dos sistemas operativos está associada a vários factores**

Evolução do computador e das suas capacidades enquanto de máquina de processamento genérico

Evolução tecnológica: determinam o tipo de hardware possível e suas capacidades

Evolução da expectativa dos utilizadores acerca da máquina e da forma como interagem com a máquina

Evolução das técnicas de aproveitamento do tempo de processamento (formas de escalonamento)

A retirar daqui:

- Noção acerca das arquitecturas : constituição e limitações em cada

- Conceitos de hardware e seu impacto nos sistemas. Relacionamento entre tipo de computador e (não) necessidade de sistema operativo

- Forma como os periféricos possibilitam/impossibilitam a multiprogramação

- Tipos de escalonamento

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

## **Evolução do computador e das suas capacidades enquanto de máquina de processamento genérico**

O computador começa por ser uma máquina construída para um fim muito específico (ex.: a máquina de Alan Turing para decifrar mensagens cifradas alemãs).

Numa fase inicial não existe propriamente "programa" (software genérico) – os circuitos da máquina já estão planeados para um determinado objectivo e, quando muito, podem ser parametrizados. Não existe a ideia de correr programas genéricos na máquina

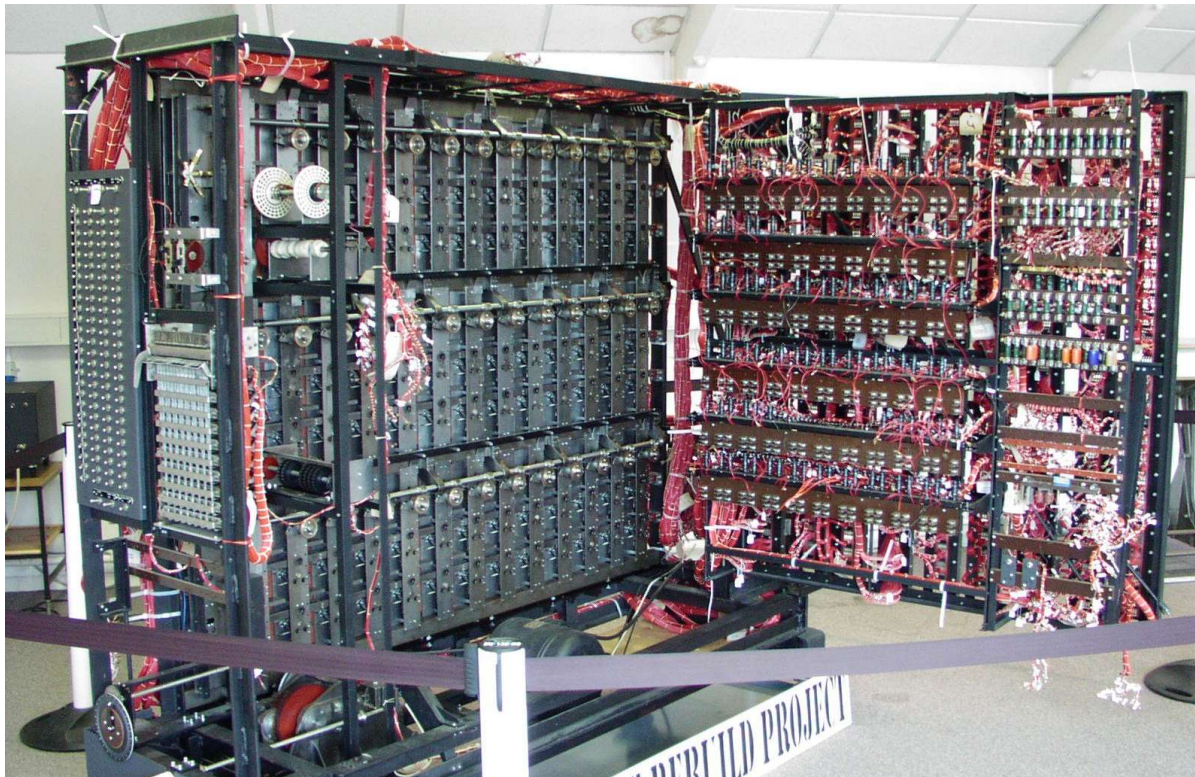
Neste cenário não faz sentido falar de sistema operativo (que seria um programa)

Só mais tarde, com a evolução tecnológica, apareceram os computador genéricos, em que as tarefas são determinadas por sequências arbitrárias de instruções carregadas para memória: ou seja programas (software)



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

Máquina de “bombe” de alan Turing





# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

## **Primeiros computadores capazes de executar software**

Nos primeiros computadores de âmbito genérico (capazes de executar software), o componente fundamental dos computadores (as peças que implementam as portas lógicas) são electromecânicos ou válvulas.

Estes componentes são caros, muito volumosos, falíveis, e consomem muita energia. Não é viável construir computadores com muita memória. O cenário que hoje em dia se tem por garantido de "ter memória para um programa e os seus dados, e cada programa é um programa, conforme o necessário" simplesmente não era viável

Os periféricos resumem-se a dispositivos electromecânicos de leitura inicial de instruções (leitores de cartões perfurados) e de output do resultado no final (impressoras). São dispositivos lentos, que exigem o controlo por parte da CPU, impedindo-a de fazer trabalho útil enquanto trabalham.

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

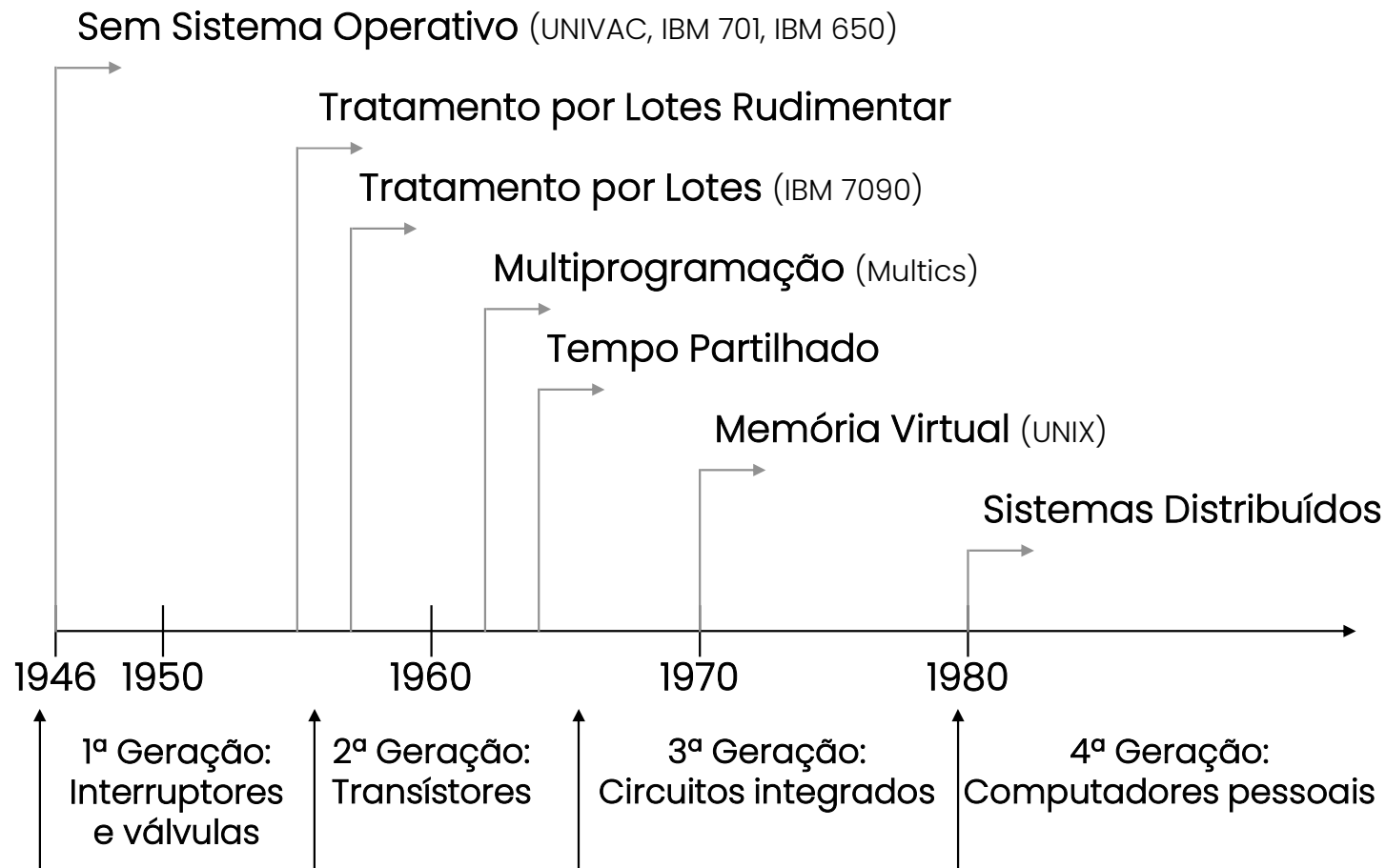
## **Primeiros computadores capazes de executar software**

O software desta altura é bastante simplificado. Os programas são sequências de instruções muito rígidas e não prevêm nenhuma forma de interacção com o utilizador. O programa tem um início e um fim, e não há nada que o utilizador faça entretanto (nem há "utilizador").

O escalonamento é essencialmente monoprogramado, sem aproveitamento dos tempos em que um programa efectua I/O e, definitivamente, não tem capacidade de execução de mais do que uma tarefa em simultâneo.

O sistema operativo (designado de "monitor") é extremamente simplificado e gere essencialmente a carga das instruções e o controlo dos dispositivos de entrada e do dispositivo de saída.

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO



Unidade de fita magnética  
IBM 2729 e IBM 7330  
(cerca de metro e meio de altura)

Unidade de disco rígido  
IBM 305  
Capacidade: *quase* 6 M  
(cerca de dois metros de altura)



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

Anúncio de 1956

*The IBM 305 RAMDAC is a flexible, electronic, general purpose data processing machine that enabled businesses to record transactions as they occurred and concurrently reflect each entry in affected accounts. It maintained records on a real-time basis, provided random access to any record, eliminated peak loads, and could simultaneously produce output by either print or punched cards.*

As vantagens desta máquina face às restantes:

É electrónica (pelos vistos, nem todos seriam inteiramente electrónicos)

Permite correr programas genéricos (algo que hoje é um dado adquirido)

Permite aceder a dados em acesso aleatório (não está limitado a fitas magnéticas)

Consegue imprimir e perfurar cartões (que já ninguém usa há muito tempo)

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

## Evolução quanto ao escalonamento

Inicialmente, por limitação conceptual e tecnológica, os computadores trabalhavam com uma tarefa de cada vez. Não há nenhuma multiprogramação.

Posteriormente consegue-se a multiprogramação simples: o aproveitamento das operações de I/O de um programa para executar outro programa. Isto requer essencialmente:

- Dispositivos de memória secundária rápida e de acesso aleatório

- Uma boa gestão de E/S por parte do sistema operativo

- Mecanismo de gestão e partilha de memória

- Mecanismos no SO que permitam partilhar e gerir os recursos partilhados na máquina entre todos os programas em execução)

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

## Evolução quanto ao escalonamento

A multiprogramação simples (não preemptiva) baseia-se na cedência voluntária da CPU por parte do programa que estava em execução

Um programa pode bloquear o acesso dos outros programas à CPU se nunca efectuar nenhuma acção de E/S e se demorar a terminar

Isto não é aceitável em termos de estabilidade da máquina nem em termos de experiência de utilização interactiva

Multiprogramação preemptiva (ou "interactiva" ou "de tempo partilhado")



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

## Evolução do escalonamento

- Monoprocessamento (monoprogramação)
  - Um só programa de cada vez
  - Desperdício da CPU

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS E DO ESCALONAMENTO

## Evolução do escalonamento

### Multiprogramação simples

Aproveitamento do tempo de E/S de um programa para executar outro

- Melhor aproveitamento da CPU

Não há garantia que os programas efectuem I/O e um programa pode monopolizar a máquina

O sistema operativo torna-se muito mais complexo pois precisa de gerir a máquina e a partilha dos seus recursos entre os vários programas

### Multiprogramação preemptiva

Força a cedência da vez na CPU

Garante a estabilidade da máquina impedindo que um programa monopolize arbitrariamente a CPU

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 1ª Geração (Processamento em série)

- Os computadores desta geração consistiam em enormes máquinas
- Os principais componentes eram as válvulas electrónicas

Exemplo:  
– ENIC

### Características

Ausência de linguagens de programação

A programação era efectuada directamente de forma física através da configuração das ligações

Conceito de sistema operativo inexistente

Não existia grande diferença programadores, operadores e construtores

### Principais problemas

Desperdício de tempo no escalonamento

Feito em unidades de tempo fixas e predefinidas (ex. 30 min)

Pouca flexibilidade (utilização típica: cálculo numérico)

Estabilidade muito fraca

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 2ª Geração (Processamento em lote)

Os computadores desta geração já podiam ser comprados por empresas

A principal inovação tecnológica foi o transistor

A fiabilidade aumentou bastante

### Características

O computador passa a ter utilização mais genérica

Aparecimento de linguagens de programação (FORTRAN)

Necessidade de um sistema gestor da máquina → Monitor Para

- Gerir as entradas e saídas

- Carregar os programas

- Executar os programas

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 2ª Geração (Processamento em lote)

*Podem-se considerar várias fases distintas nesta geração*

- Primeira fase – Processamento on-line

- Os dispositivos de entrada e saída (cartões perfurados e impressora) estavam directamente acoplados à unidade central de processamento

### Problemas

- O carregamento de programas e a saída de resultados implicava o desperdício das capacidades reais do computador durante essas operações (operações de E/S muito lentas)
- O escalonamento continuava a ser feito em unidades de tempo reservados com antecedência e gerido de forma manual

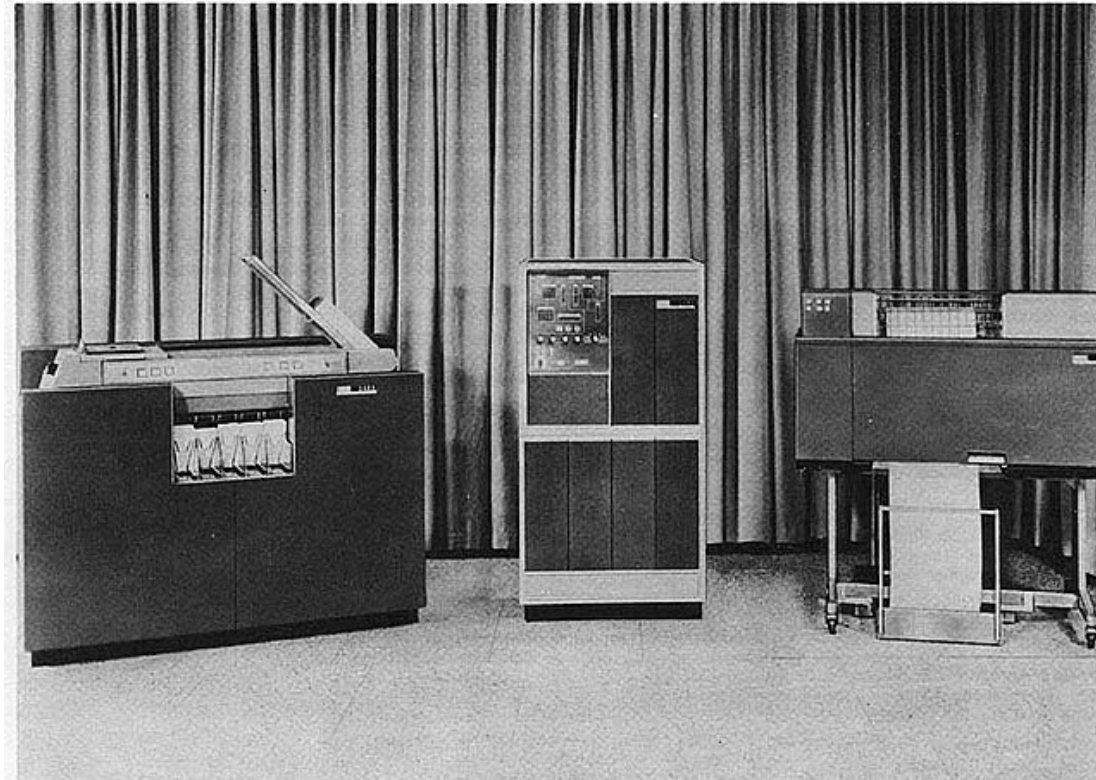
# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

Exemplo de cartão perfurado



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

IBM 1401 (1959) : Leitor de cartões + CPU + Impressora





# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 2ª Geração (Processamento em lote)

### ▪segunda fase – Processamento off-line

- Os dispositivos de entrada e saída foram desacoplados da unidade central de processamento
- As operações lentas de leitura de cartões e impressão em papel são feitas por computadores auxiliares mais baratos e especializados nessas tarefas
- O transporte da informação entre os computadores auxiliares e o principal é feito em fitas magnéticas por operadores (manualmente)

### Melhorias

- O tempo do computador principal passou a ser menos desperdiçado
- Deixou de existir o problema do escalonamento, pois os programas eram atendidos assim que o anterior terminava (desde que estivesse presente na fita magnética de entrada)

No entanto podem surgir problemas relativamente à diferença de velocidade de processamento e de E/S

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## Exemplo de Fita magnética



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

IBM 100 System 360



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 2ª Geração (Processamento em lote)

A solução do desacoplamento dos periféricos de E/S ainda não é perfeita

Continua a perder-se tempo enquanto se transportam as fitas

Não existe uma sincronização perfeita entre o computador principal e os periféricos - o tempo CPU continua a ser desperdiçado

### ▪ Terceira fase - Spooling

- Tornada possível através dos mecanismos de interrupções e dispositivos de armazenamento em massa rápidos e de acesso aleatório (**ex. discos**)
- Os periféricos encontram-se ligados ao computador central por um mecanismo de interrupções que avisa quando a entrada ou saída de dados está concluída
- *Spool = Simultaneous Peripheral Operations On-Line*
- Mantém-se o paralelismo das operações de E/S e de processamento
  - Vai possibilitar a multiprogramação
- Optimiza-se o tempo de transferência de informação entre os periféricos e a CPU: o disco é mais rápido que a fita magnética e tem acesso aleatório

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

Exemplo de disco rígido  
IBM 2311 (1964) 29 MB



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

Disco rígido do slide anterior em uso no sistema IBM 2841

A imagem mostra apenas a parte da unidade de memória secundária = disco rígido + a maquinaria para o operar (hoje o conceito "disco rígido" inclui ambas as partes e cabe numa caixa de 2.5")



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## Discos rígidos modernos



Western Digital 2 TB 2.5"



Hitachi 1.2 TB 2.5"



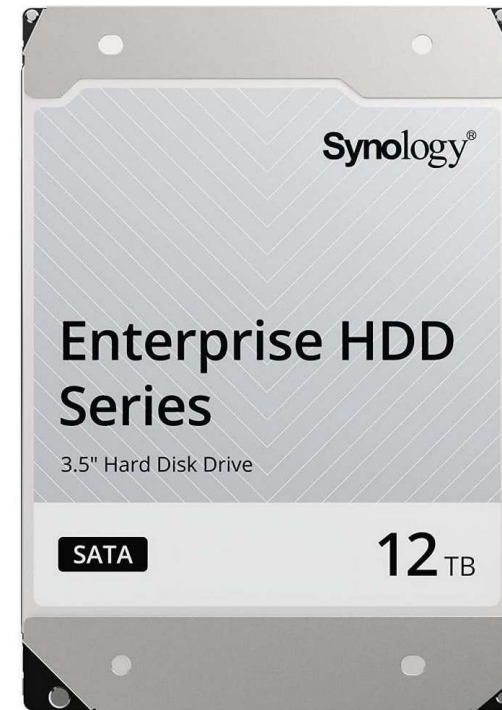
# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

Disco rígido - preços antigos  
(10Mb por “apenas” cerca de 3000€)



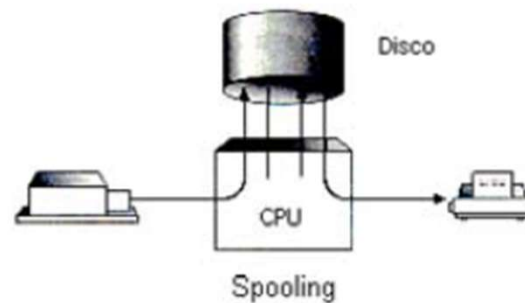
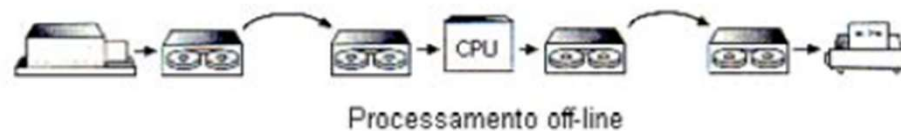
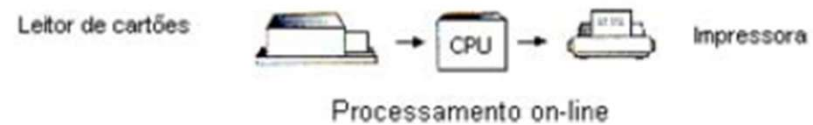
# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

Discos rígidos – capacidades atuais – já se encontram à venda discos com capacidade de 12 T B. Alguns exemplos: WD\_Red Pro 12TB 7200RPM 256MB SATA III, etc..



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

Esquema-resumo da evolução dentro da 2ª geração



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 2ª Geração (Processamento em lote)

Monitor (comum a todas as fases)

- o Sistema gestor do computador principal
- o Desempenhava as funções de sistema operativo

Funções principais

Carregar programas em memória

Ligar os programas compilados

Executar programas

Componentes

Loader (carregador de programas em memória)

Compilador

Assembler

Linker (ligador)

Rotinas utilitárias (controlo das E/S)

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 2ª Geração (Processamento em lote)

Exemplo de informação relativa a um lote de processamento

\$JOB <Nome do utilizador> <Conta a debitar> \$FORTRAN

Programa em Fortran .

\$LOAD

\$RUN

.. Dados para o programa

\$END

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 3ª Geração (Multiprogramação e Interactividade)

Tecnologia nova: circuitos integrados

Aumentos da capacidade de memória e processamento

Redução de preços

Relativamente à segunda geração nota-se que:

Aumenta a necessidade de interacção directa entre utilizador e o programa a correr

Leva a mais operações de E/S

Continua a perder-se tempo de processamento durante as entradas ou saídas de dados

Cada vez mais devido à maior interacção entre utilizador(es) e programa(s)

Já existem pedidos prontos para serem atendidos enquanto o processador está inactivo durante uma operação de E/S

Solução: executar um programa enquanto outro está à espera (execução entrelaçada)

Conceito novo: pseudo-paralelismo

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 3ª Geração (Multiprogramação e Interactividade)

### Multiprogramação (Sistemas de lote multi-programados ou Concorrentes)

Consiste em ter em memória vários programas em simultâneo

A unidade central de processamento passa a executar um novo programa quando o que estava em execução efectua uma operação de E/S

### Interactividade - (Sistemas de tempo partilhado / time-sharing)

São também sistemas multi-programados mas de tempo partilhado

Em vez de se esperar que um dado programa faça uma operação de E/S, o processador é atribuído a outro programa de acordo com uma determinada política e com uma certa regularidade

Cada utilizador vê a máquina como estando a trabalhar exclusivamente para si.

Escalonamento e despacho - tratam da multiplexagem do processador

Processo - representa a execução de um programa

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

**3ª Geração (Multiprogramação e Interactividade) : questões (novas) a resolver pelo sistema operativo**

## Gestão de memória

É necessário atribuir memória a cada programa

Geralmente não existe memória suficiente

Solução: memória virtual

Protecção

Os programas a correr não podem corromper os dados uns dos outros

## Gestão de recursos

Os recursos têm também que ser multiplexados entre os vários programas

## Políticas e mecanismos eficientes de multiplexagem do processador

Qual o processo a ser executado em seguida ?

É necessário que a mudança de contexto seja rápida



# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 4ª Geração

- Sistemas Distribuídos: Consequência da evolução de diversos factores, nomeadamente:
  - Evolução do custo e desempenho da electrónica digital (Lei de Moore - Em cada 18 meses o poder de processamento duplica e os custos mantêm-se constantes);
  - Redes de comunicação de dados (LAN - Local Area Network, WAN - Wide Area Network, MAN - Metropolitan Area Network, Redes Móveis, etc);
  - Uso generalizado dos computadores pessoais (PC);
  - Sistemas Abertos (Normalização oficial e de facto)
- Consequência: Múltiplas tecnologias disponíveis e a baixo custo.
- Transparência e uniformidade no acesso a recursos distribuídos pela rede de computadores.

# EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS OPERATIVOS

## 4ª Geração

- A execução de uma aplicação é distribuída por diferentes máquinas interligadas entre si. Por exemplo, numa arquitetura típica cliente-servidor, o cliente é responsável pela interface interativa, enquanto o servidor é responsável pela execução da lógica de negócio e o acesso/armazenamento dos dados.

