



# Sistemas Distribuídos: Evolução Histórica e Desafios Atuais

Prof. Dr. Julio Cezar Estrella

[jcezar@icmc.usp.br](mailto:jcezar@icmc.usp.br)

---

# Conteúdo

- Definições
- Evolução Histórica
- Características
- Vantagens e Desvantagens
- Desafios
- Exemplos de Infraestruturas
- Conclusão

# Definição

- Definir sistemas distribuídos não é trivial, na verdade existem diversas definições na literatura.

# Definição

- ◉ **Lamport:** *É um sistema no qual o usuário é impedido de acessar o serviço que deseja quando uma máquina que ele nem imaginava que existisse falha.*

# Definição

- **Tanenbaum:** É um sistema que parece ser um sistema centralizado mas, na realidade, o S.O é executado em diversas CPUs independentes.

# Definição

- **Coulouris et. al.:** É um sistema no qual os componentes de hardware ou software, localizados em computadores interligados em rede, se comunicam e coordenam suas ações apenas enviando mensagens entre si.

# Definição

- ◉ **Estado da Arte**

- ◉ *É relativamente fácil agrupar um grande número de CPUs, conectando-as por uma rede de alta velocidade.*
- ◉ *O software para sistemas distribuídos é completamente diferente do software para sistemas centralizados e está apenas começando a se desenvolver.*

# **Evolução Histórica**



# Evolução Histórica

- Monousuário (Década 50)



IBM 650

# Evolução Histórica

- Processamento em lote (batch) (Década 60)



IBM System/360

# Evolução Histórica

- ◉ Multiusuário (Time Sharing) (Década 70)
  - ◉ Exemplos de Sistemas Operacionais:
    - ◉ TSS/360
    - ◉ MS-DOS
    - ◉ OS/2

# Evolução Histórica

- Computador Pessoal - PC (Década 80)



Apple I



Apple II



IBM PC 5150v

# Evolução Histórica

- Computação Distribuída (Década 90)
  - Exemplos:
    - AVANÇA A INTERNET
    - WEB



# Evolução Histórica

- Computação Distribuída (2000 ...)
  - Computação Embarcada



# Evolução Histórica

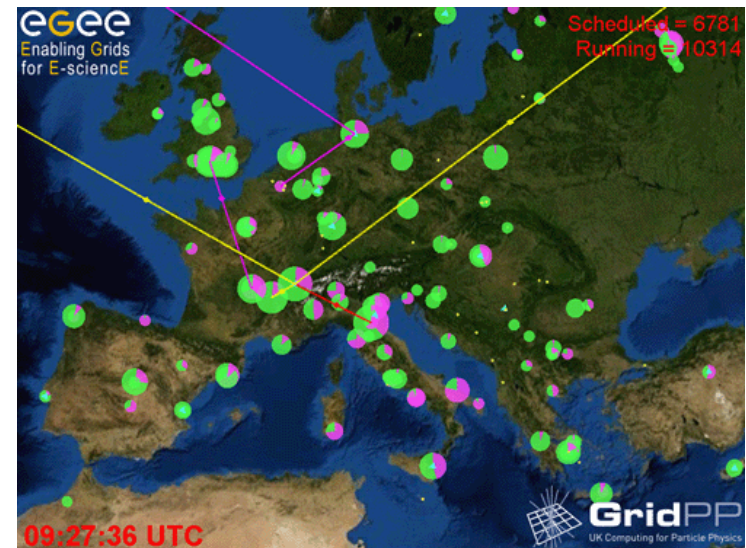
- Computação Distribuída (2000 ...)
- Computação Pervasiva/Ubíqua





# Evolução Histórica

- Computação Distribuída (2000 ...)
  - Computação em Grade (Grid Computing)





# Evolução Histórica

- Computação Distribuída (2000 ...)
  - Computação em Nuvem (Cloud Computing)



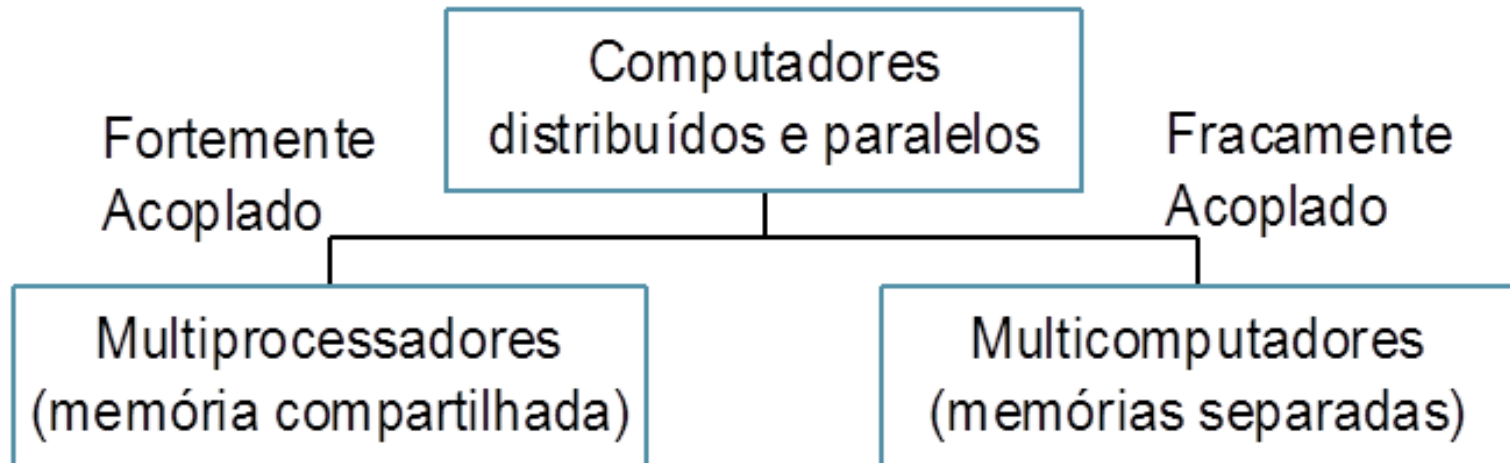
# Características

# Características

- Sistemas Distribuídos são compostos por:
  - Hardware
  - Software

# Características

- Hardware:



# Características

- Software:

	Acomplamento de Hardware	Acomplamento de Software
Sistemas operacionais de rede	Fraco	Fraco
Sistemas distribuídos	Fraco	Forte
Sistemas timesharing para multiprocessadores	Forte	Forte

# Características

- Sistemas Operacionais de Rede:
  - Estações de trabalho conectadas por uma LAN.
  - Cada estação tem seu próprio sistema operacional.
  - Ferramentas para *login* remoto e cópia de arquivos entre estações.
  - Servidores de arquivos e ferramentas para causar aparência de arquivo local.

# Características

- Sistemas Distribuídos:

- A rede toda tem aparência de ser um único sistema *timesharing*: **virtual uniprocessor, single-system image**.
- Mecanismo global para comunicação entre processos.
- Gerenciamento de processos homogêneo.
- Sistema de arquivos homogêneo.

# Características

- Sistemas timesharing para multiprocessadores:
  - Fila única de processos prontos para execução.
  - CPUs especializadas em: executar processos, controlar periféricos, executar sistema operacional (gerenciar a memória global).
  - Sistema de arquivos comporta-se de maneira semelhante a um SC.



# Características

## ○ Comparação:

	SO de Rede	SO Distribuído	SO Multiproc.
Parece um SC	Não	Sim	Sim
Mesmo SO	Não	Sim	Sim
Cópias de SO	N	N	1
Comunicação	Arquivos Compartilhados	Mensagens	Memória Compartilhada
Protocolos Comuns	Sim	Sim	Não
Fila única de execução	Não	Não	Sim

# Características

- Características Básicas:
  - Compartilhamento de recursos
  - Abertura/Extensibilidade (*openness*)
  - Concorrência
  - Escalabilidade (crescimento gradativo suave)
  - Tolerância a falhas
  - Transparência

# Características

- Compartilhamento de Recursos:
  - Componentes de hardware: discos, impressoras, ...
  - Componentes de software: arquivos, bancos de dados, ...
  - Modelos básicos:
    - Modelo cliente-servidor
    - Modelo baseado em objetos



# **Vantagens e Desvantagens**

# Vantagens e Desvantagens

- Vantagens dos Sistemas Distribuídos:
  - Melhor relação custo/benefício.
  - Capacidade de processamento além dos limites práticos de SC.
  - Maior domínio de aplicações.
  - Maior confiabilidade e disponibilidade.
  - Crescimento gradativo da capacidade de processamento.

# Vantagens e Desvantagens

- Vantagens dos Sistemas Distribuídos:
  - Compartilhamento de dados comuns entre usuários.
  - Compartilhamento de recursos de hardware e software.
  - Comunicação entre pessoas.
  - Flexibilidade na distribuição de tarefas de acordo com as aplicações.

# Vantagens e Desvantagens

- Desvantagens dos Sistemas Distribuídos:
  - Falta de software adequado.
  - Falhas e saturação da rede de comunicação podem eliminar as vantagens de SD.
  - Segurança pode ser comprometida: fácil acesso a dados e recursos reservados.

# Desafios



# Desafios

- Heterogeneidade:
  - Redes
  - Hardwares de computador
  - Sistemas Operacionais
  - Linguagens de Programação
  - Implementação de diferentes desenvolvedores

# Desafios

- Abertura/Extensibilidade:
  - Novos hardwares: máquinas, periféricos, memória, interfaces de comunicação, etc.
  - Novos softwares: funções de SO, protocolos de comunicação, etc.
  - Mecanismo uniforme de comunicação entre processos.

# Desafios

- Escalabilidade:

- Capacidade de aumentar o sistema resolvendo os seguintes desafios:
  - Controlar o custo dos recursos físicos.
  - Controlar a perda de desempenho.
  - Impedir que os recursos de software se esgotem.
  - Evitar gargalos de desempenho.

# Desafios

- Transparência:

- Esconder do usuário e do programador de aplicações a separação de componentes em um sistema distribuído, tal que este seja visto como um sistema centralizado.
- Formas de transparência: acesso, localização, concorrência, replicação, falha, migração, desempenho e escala.

# Desafios

- Transparência de acesso:
  - Operações de acesso a objetos de informação são idênticas para objetos locais e remotos.
  - Exemplo: Operação de envio de uma mensagem eletrônica especificando o destinatário através de seu endereço Internet.

# Desafios

- Transparência de localização:
  - Acesso a um objeto ocorre sem que seja necessário o conhecimento de sua localização.
  - Exemplo: Operação de envio de uma mensagem eletrônica especificando o destinatário através de seu endereço Internet.

# Desafios

- Outras formas de Transparência:
  - **Concorrência:** processos operam concorrentemente usando objetos de informação comuns sem interferência entre eles.
  - **Replicação:** várias instâncias de um objeto de informação são usadas sem requerer o conhecimento das réplicas pelos usuários e aplicações.

# Desafios

- Outras formas de Transparência:
  - **Falha:** mascaramento de falhas de hardware e software.
  - **Migração:** movimento de objetos de informação dentro do sistema não afeta a operação de usuários e aplicações.



# Desafios

- Outras formas de Transparência:
  - **Desempenho:** reconfiguração do sistema para melhorar desempenho conforme a carga varia.

# Desafios

- Tratamento de Falhas:
  - Detecção de falhas.
  - Mascaramento de falhas (transparência).
  - Recuperação de falhas.
  - Redundância.

# Desafios

## ○ Segurança:

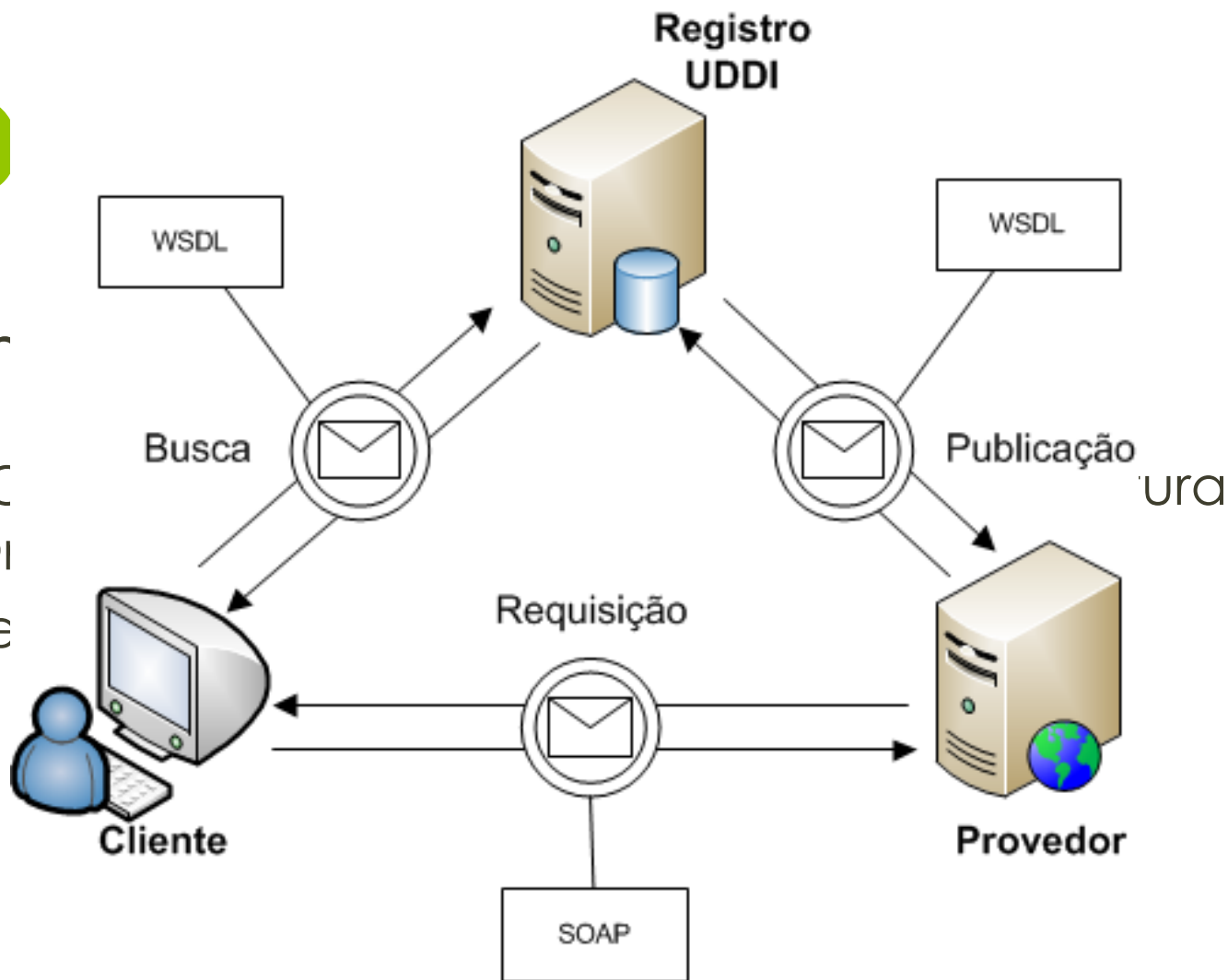
- Proteção contra interferência com os meios de acesso aos recursos.
- Proteção contra exposição para pessoas não autorizadas:
- Ou seja:
  - **Confidencialidade.**
  - **Integridade.**
  - **Disponibilidade.**

D

o Um

o SC  
OI

o Se



# Exemplos de Infraestruturas

# Exemplos de Infraestruturas em SD

- UOL
- Facebook
- Google

# Exemplos de Infraestruturas em SD

UOL:



# Exemplos de Infraestruturas em SD

UOL:





# Exemplos de Infraestruturas em SD

UOL:



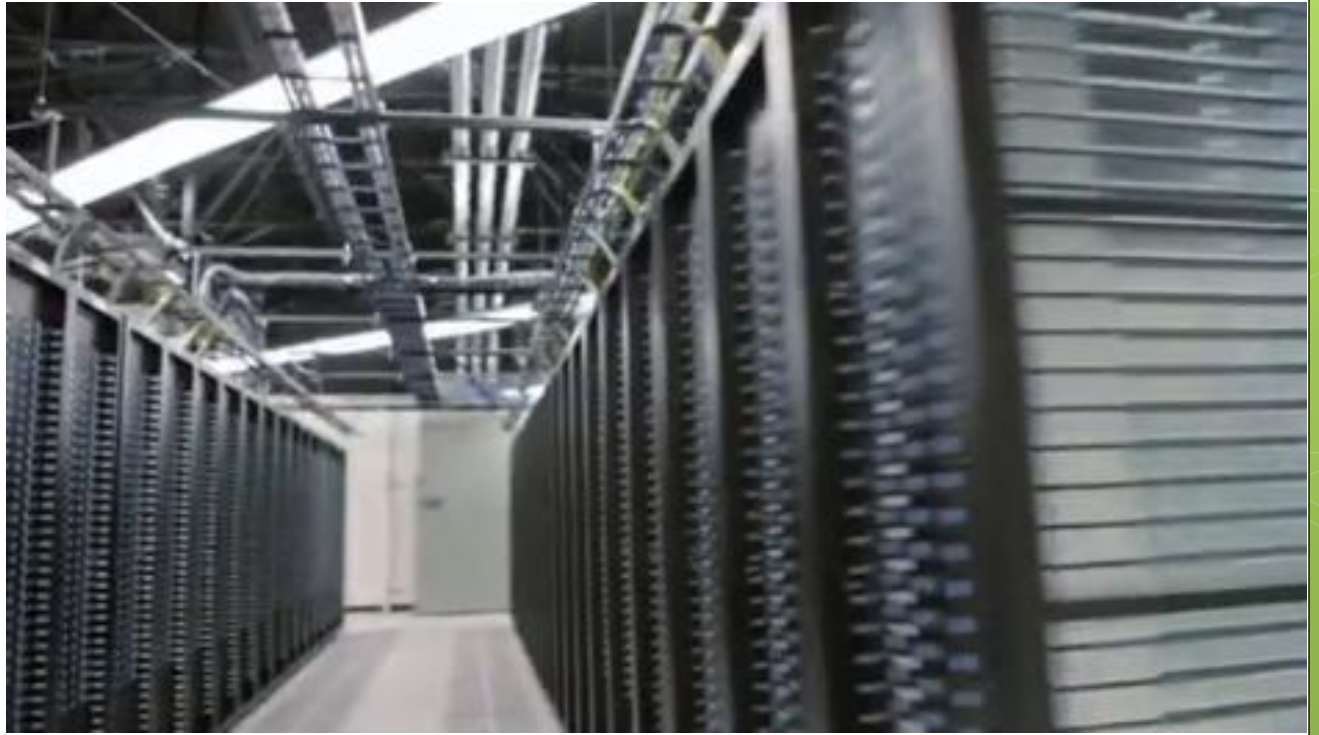
# Exemplos de Infraestruturas em SD

UOL:



# Exemplos de Infraestruturas em SD

- Facebook:



# Exemplos de Infraestruturas em SD

- Facebook:

- <http://www.businessinsider.com/facebook-books-new-energy-efficient-data-center-2011-4>

# Exemplos de Infraestruturas em SD

- Google Datacenter:

- [http://www.youtube.com/watch?v=zRwPSFpLX8I&feature=player\\_embedded#at=305](http://www.youtube.com/watch?v=zRwPSFpLX8I&feature=player_embedded#at=305)



# Exemplos de Infraestruturas em SD

● Outros:



# Exemplos de Infraestruturas em SD

- Outros:



# Conclusão

- Sistemas Distribuídos estão presentes em nossa vida e tendem a se estabelecer de forma mais efetiva em um futuro próximo.
- As vantagens proporcionadas pelos SDs são interessantes e levam ao atual sucesso.
- Os desafios na área de sistemas distribuídos são alvos de pesquisas tanto pela indústria de TI como pela Academia.



# Referências Básicas

- ◉ **[C]** *Distributed Systems: Concepts and Design*. G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg. Addison-Wesley, 1994. ISBN 0-201-62433-8. (Capítulos 4 e 5)
- ◉ **[T]** *Distributed Operating Systems*. A. S. Tanenbaum. Prentice-Hall, 1995. ISBN 0-13-219908-4. (Seções 2.4 e 2.5)