

Computação Distribuída

Odorico Machado Mendizabal

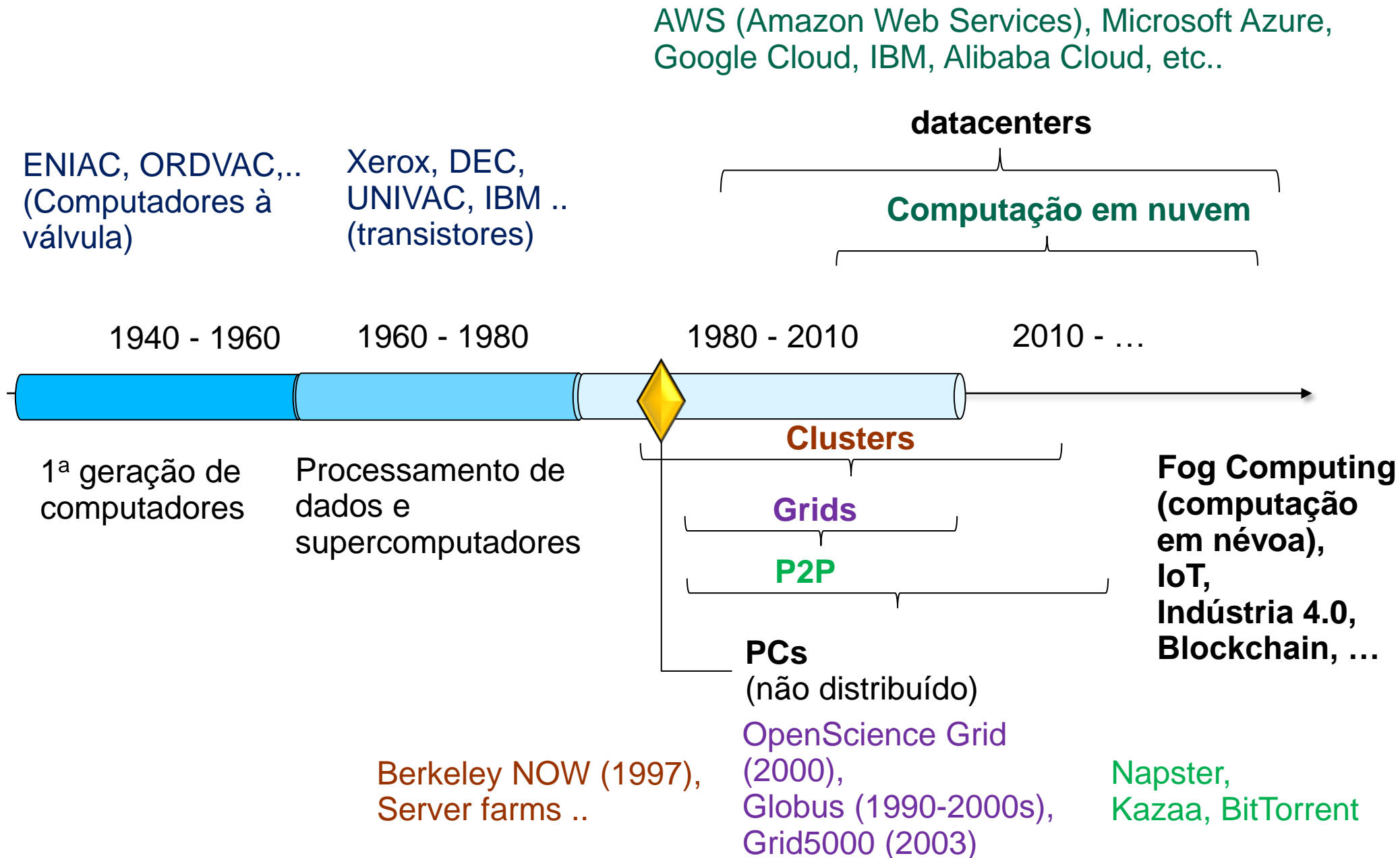


Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Departamento de Informática e Estatística – INE



Infraestruturas para Computação Distribuída

Linha de tempo



Aglomerados Computacionais (*Clusters*)

Motivação

- Supercomputadores tradicionais são muito caros
 - Pequeno número de fabricantes,
 - Alto orçamento destinado ao projeto
 - Hardware especializado

Solução

- Uso de hardware genérico e disponível no mercado
- Instituições (universidades, centros de pesquisa) não podem arcar com os custos de um supercomputador
 - Construção de sistemas com desempenho similar aos supercomputadores

Surgimento dos *Clusters*

1960: Cluster como ideia inicial da IBM para interligar *mainframes*

1980: Três tendências convergiram:

- Microprocessadores de alto desempenho;
- Redes de alta velocidade;
- Ferramentas padronizadas para computação distribuída de alto desempenho

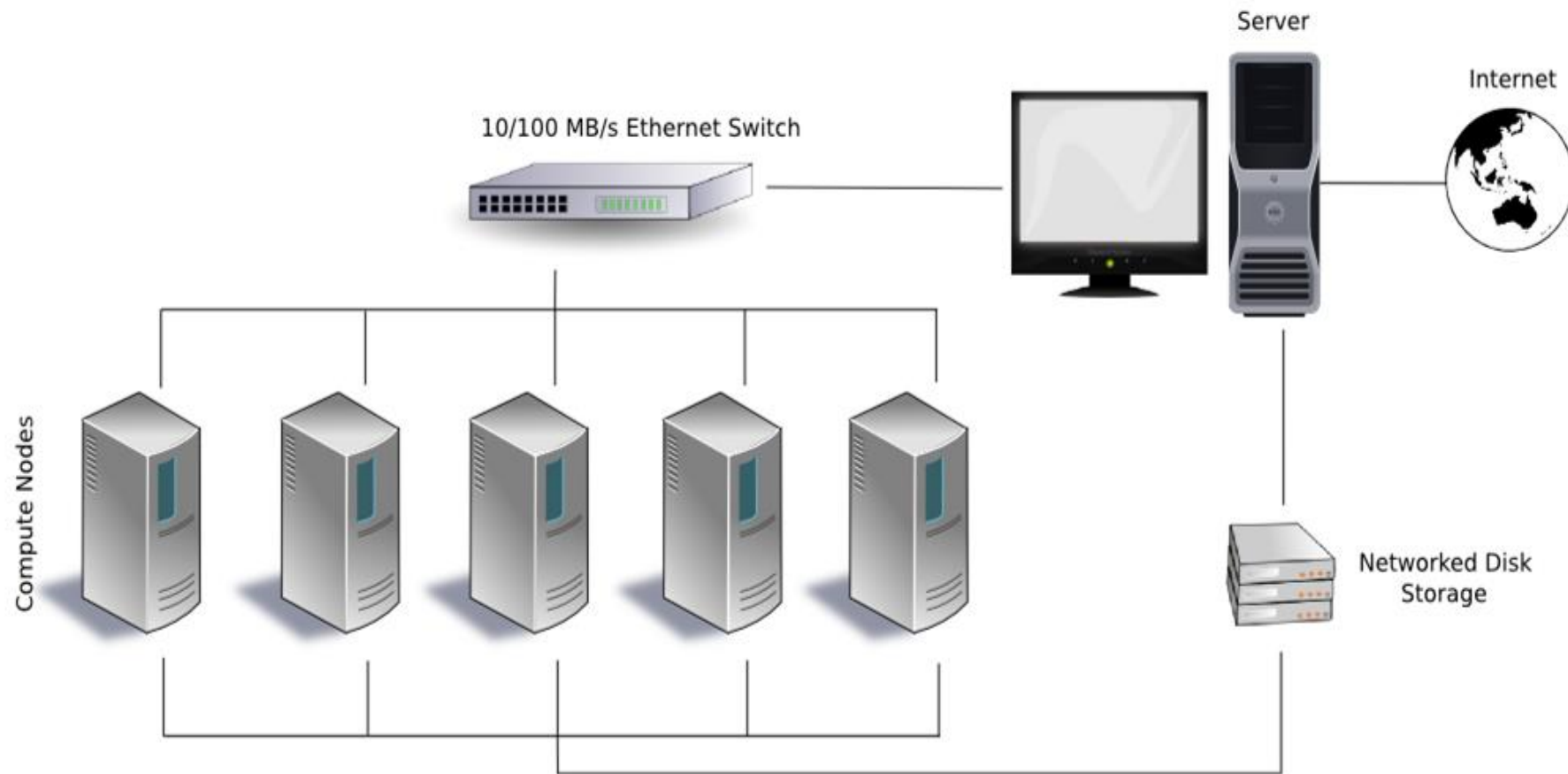
1994: NASA lança o cluster ***Beowulf***¹,

- Sistema de processamento distribuído de baixo custo
- 1: 16 PCs 486 DX-100 ligados em rede 10Mb/s com sistema operacional Linux



Insights (NASA Magazine:
<https://www.hq.nasa.gov/hpcc/insights/vol8/new.htm>)

Aglomerados Computacionais (*Clusters*)



Cluster composto por um terminal (*head node*) e cinco nós que compartilham um dispositivo de armazenamento

Clusters – Infraestrutura



Tecnologias

- Uso de Componentes de prateleira: COTS Componentes (*Comercial Off-The-Shelf*)
- Redes:
Ethernet, Gigabit Ethernet, InfiniBand, Myrinet, ATM
- Processadores:
Multicore (x86, 64 bits), GPUs
- Disco Rígido:
Sem disco (*diskless*), SSD

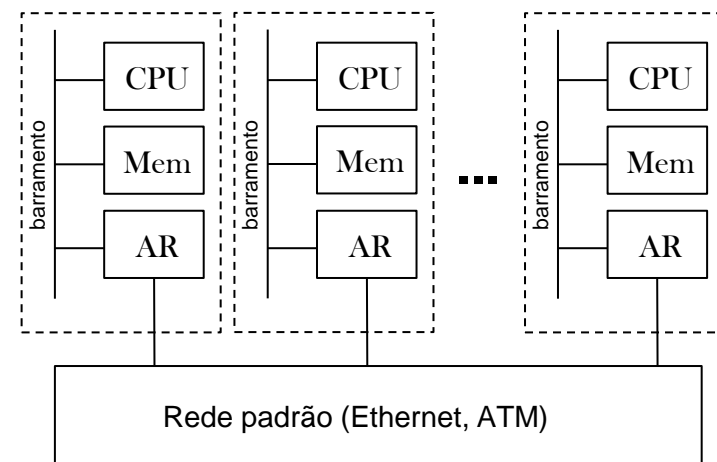
Custos associados

- Alto consumo de energia
- Exigem sala e refrigeração adequados

Tipos de *Clusters*

Redes de Estações de Trabalho (NOW)

- NOW (Network of Workstations) são sistemas constituídos por várias estações de trabalho interligadas por tecnologia tradicional de rede (ex. Ethernet e ATM)
- Na prática este multicomputador é composto por uma rede local convencional usada para processamento de aplicações paralelas
- Cada nó possui sua memória local com espaço de endereçamento próprio
- Comunicação através de troca de mensagens

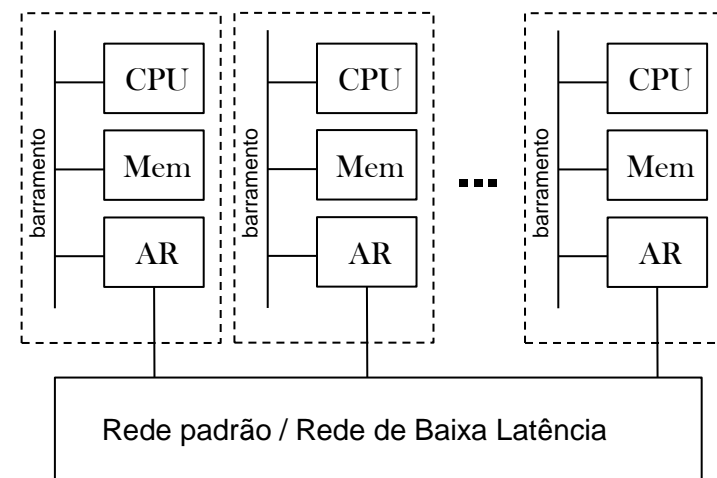


AR - Adaptador de Rede

Tipos de *Clusters*

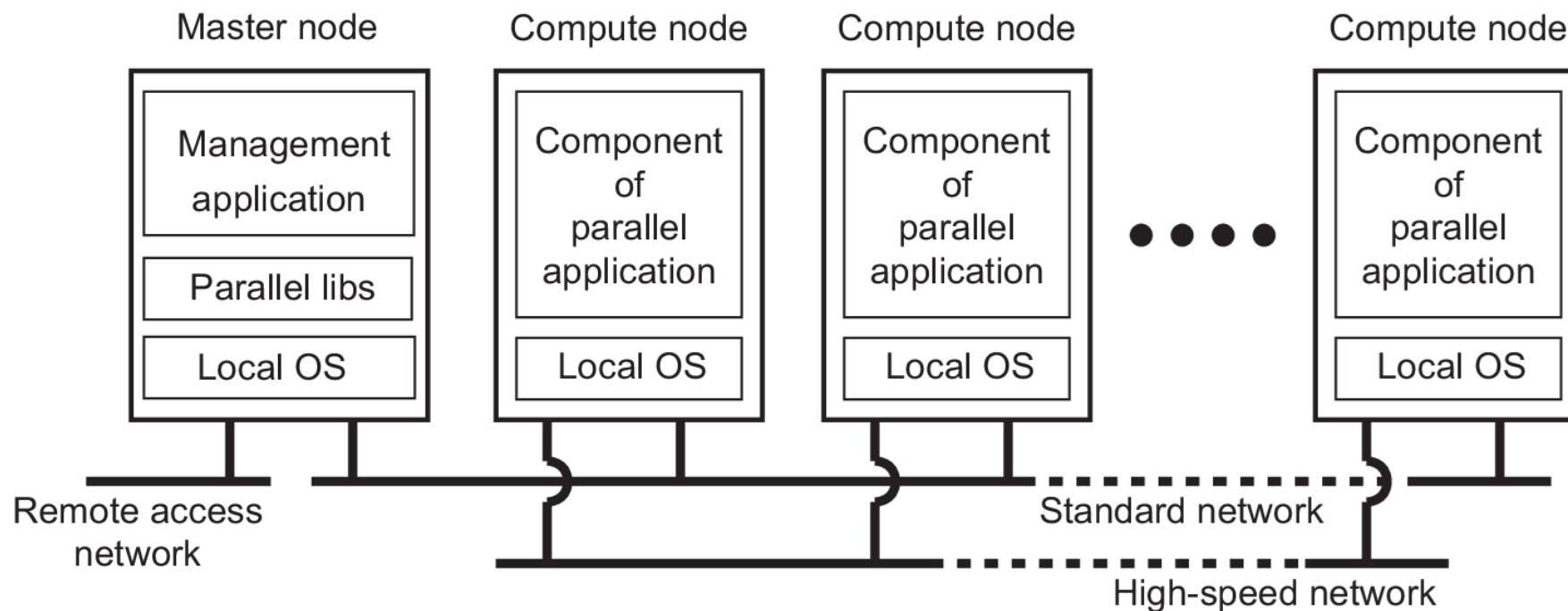
Máquinas Agregadas (COW)

- COW (Clusters of Workstations) são uma evolução das NOWs
- São constituídas por uma rede local, porém são projetadas para execução de aplicações paralelas
 - São feitas otimizações no SW
 - SO modificado (vários serviços desabilitados)
 - Camadas de rede simplificadas ou eliminadas
 - São feitas otimizações no HW
 - Estações de trabalho sem monitor, teclado, mouse, etc
 - Utilização de grandes chaveadores (*switches*) ao invés de *hubs*
- Cada nó possui sua memória local com espaço de endereçamento próprio
- Comunicação através de troca de mensagens



AR - Adaptador de Rede

Configuração geral de um *Cluster*



Mestre (*master node* / *head node*)

- Controla a alocação dos demais nodos para uma determinada aplicação paralela
- Organiza a fila de tarefas (*Jobs*) submetidos ao cluster
- Fornece interface para usuários do sistema

Node de trabalho (*compute node*)

- responsáveis pelo processamento das tarefas
- Dedicados ou não dedicados

Configuração geral de um *Cluster*

Sistema Operacional

- Sistemas homogêneos
 - Reduzem a complexidade de configuração, manutenção e escalabilidade horizontal
 - *Single System Image* (SSI) – Carregar a mesma imagem em todos os nodos de processamento

Exemplos de SOs para clusters

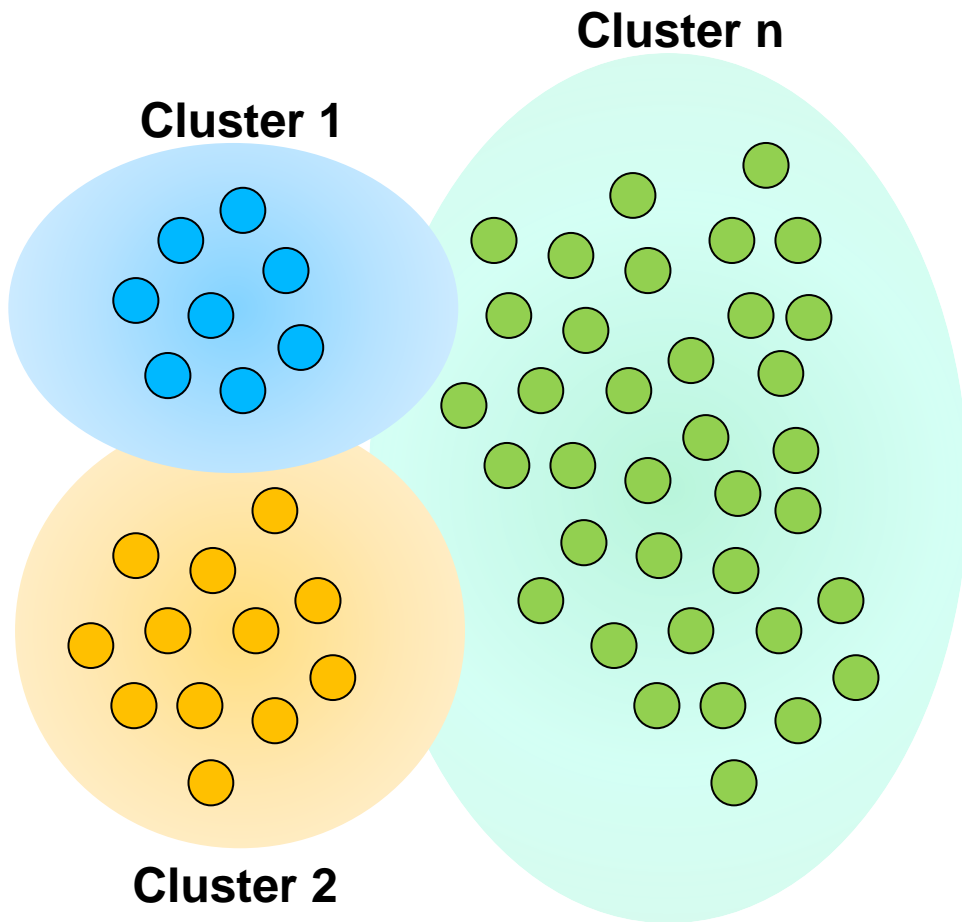
- Mosix, OpenMosix, Solares MC, Unixware, Rocks, OpenSSI, ..

Serviços de filas de tarefas e agendamento

- Ferramentas para distribuição de tarefas, alocação de nodos
- Ex. SLURN

#SBATCH --job-name=<nome>	- Nome do job
#SBATCH --partition=<fila>	- Nome da fila
#SBATCH --ntasks=T	- Número de tarefas
#SBATCH --nodes=N1,N2	- Número min. e máx. de nós
#SBATCH --ntasks-per-node=P	- Número de tarefas por nó
#SBATCH --time=DD-HH:MM:SS	- Tempo máximo do job

Grades Computacionais (*Grids*)



Rede de aglomerados

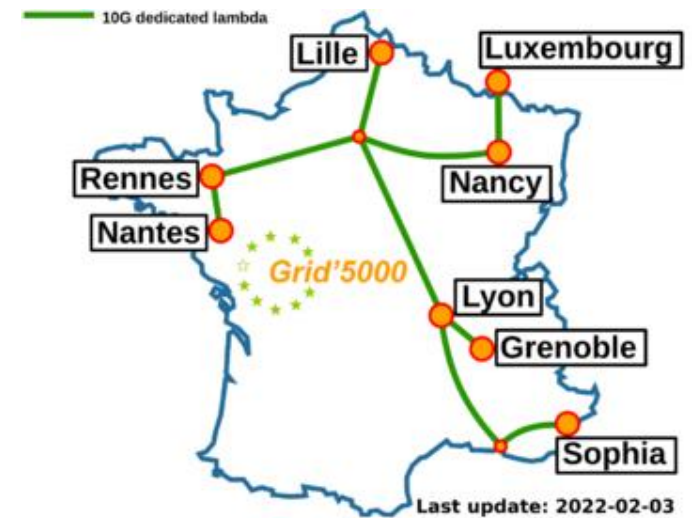
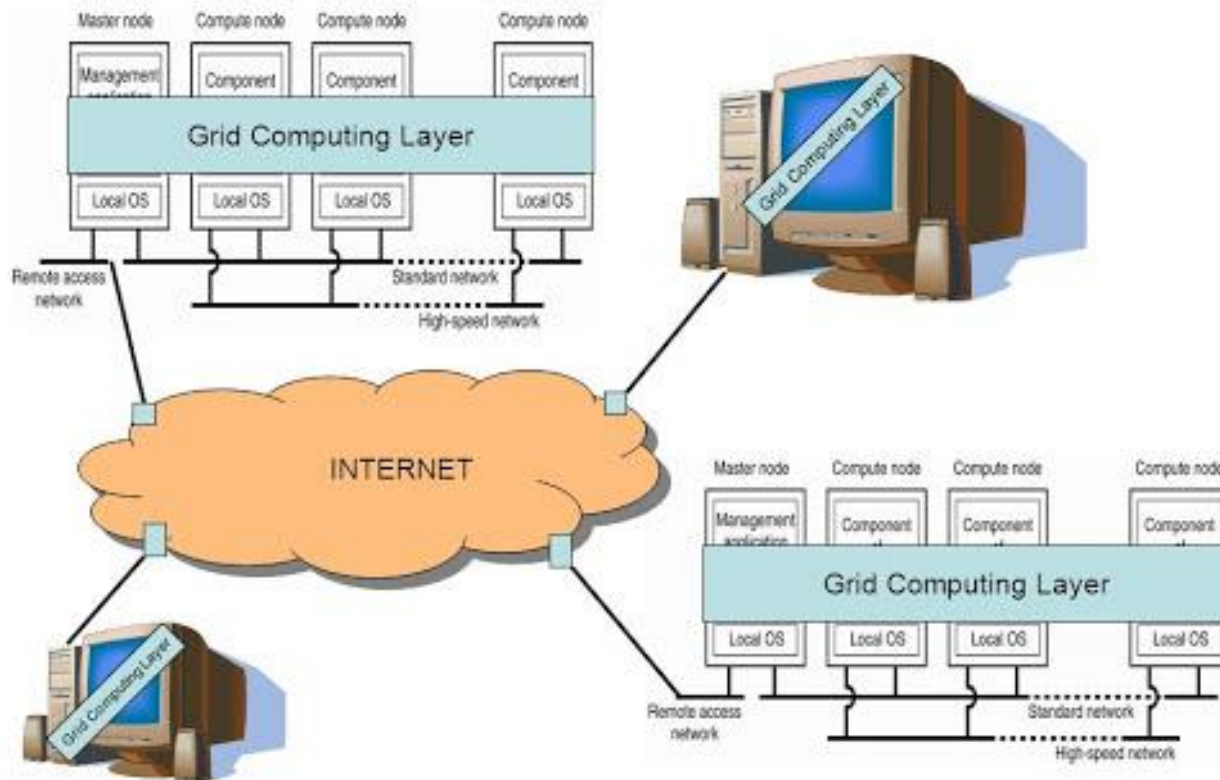
- Organização virtual capaz de aglomerar recursos geograficamente distribuídos
- Maior complexidade de gerenciamento:
 - Recursos locais
 - Recursos globais
 - Autenticação
 - Interface com usuário

Infraestrutura de *Grids*

- Composição
 - *Grids* são compostos por recursos heterogêneos, reunindo desde *clusters* e supercomputadores até *desktops* e dispositivos móveis
- Elementos
 - Nodo mestre (replicado)
 - Nodos de execução
 - Nodos de submissão
- Interligação
 - Rede pública de larga escala: Internet

Infraestrutura de *Grids*

Grid Computing System



Exemplo: Grid5000

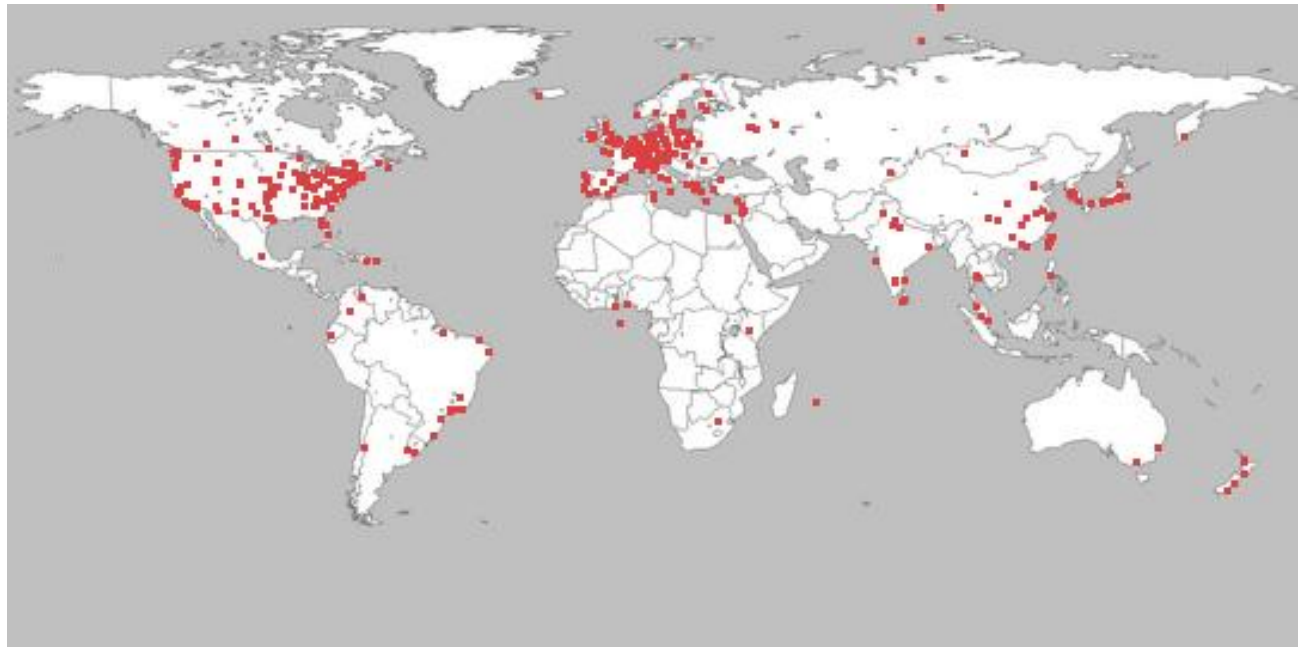
Middleware para gerenciamento de *Grids*

- Implementa serviços como:
 - Descoberta, alocação e reserva de recursos,
 - Controle de acesso,
 - Detecção de falhas, manutenção de registros de utilização, etc.
- Fundamentado em tecnologias já existentes e amplamente disponíveis:
 - Comunicação: protocolos da Internet / Web
 - Software: tecnologia de *Web Services*

Grids Computacionais (*Grids*) – Exemplo Planet Lab

Consórcio Global

- Iniciado em 2003
- Rede de pesquisa global para desenvolvimento de serviços distribuídos
- Atualmente: 1353 nodos em 717 locais (informação coletada em 2017)



Grades Computacionais (*Grids*) – Exemplo Planet Lab

Iniciativa Nacional

- LNCC Grid: <http://www.lncc.br/>



Grades e Aglomerados – Vantagens

- Custo mais atrativo se comparado a supercomputadores comerciais
- Permitem expansão da arquitetura a qualquer momento
 - Escaláveis
 - HW especializado: GPGPUs, TPUs, SDN, FPGAs
- Utilizados em HPC (*High Performance Computing*)
- Adequados ao modelos de programação paralela
 - Ex.: meteorologia, biologia computacional, processamento de imagens, métodos numéricos, mineração de *bitcoins*, etc.
- Boas bibliotecas e suporte a programação paralela
 - MPI, PVM, OpenMP, Map Reduce

Computação em Nuvem

- Arquiteturas dirigidas a provisão de serviços/recursos sob-demanda
- Modelo de serviços se assemelha à serviços do cotidiano (telefonia, TV a cabo, etc.)
- Infraestrutura faz uso de virtualização para servidores (e rede em alguns casos)

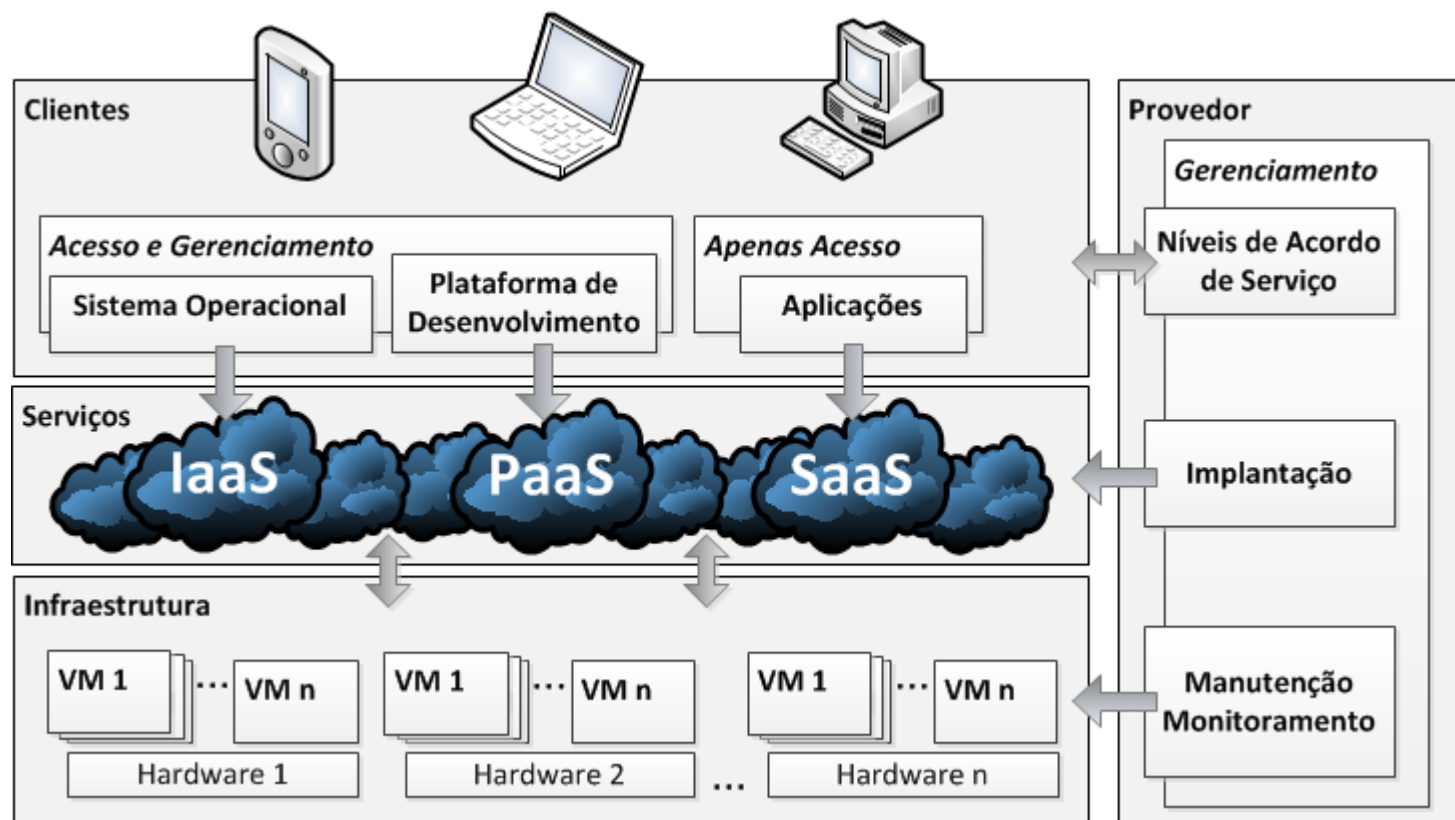


Figura extraída de "O Modelo de Computação em Nuvem e sua Aplicabilidade" E. Bacelar et al.
http://www.c3.furg.br/arquivos/download/edicao05_paper01.pdf

Computação em Nuvem – Características

Serviço sob demanda

- Usuário solicita os recursos que deseja
- Obtenção simplificada de recursos, sem interação humana

Acesso via rede

- Recursos podem ser acessados remotamente por diferentes tipos de dispositivo

***Pooling* de recursos**

- Recursos compartilhados entre usuários e alocados com base na demanda

Elasticidade

- A quantidade de recursos alocados para um usuário pode variar em função da demanda

Medição de Serviços

- O provedor monitora a quantidade de recursos utilizada pelos clientes da nuvem, para fins de controle e tarifação.

Computação em Nuvem – Tipos de Serviços

SaaS – Software as a Service

- Aplicações são executadas e hospedadas na Nuvem
- Pagamento por serviço de acordo com a utilização
- Gerenciamento da aplicação fica a cargo do provedor de serviço

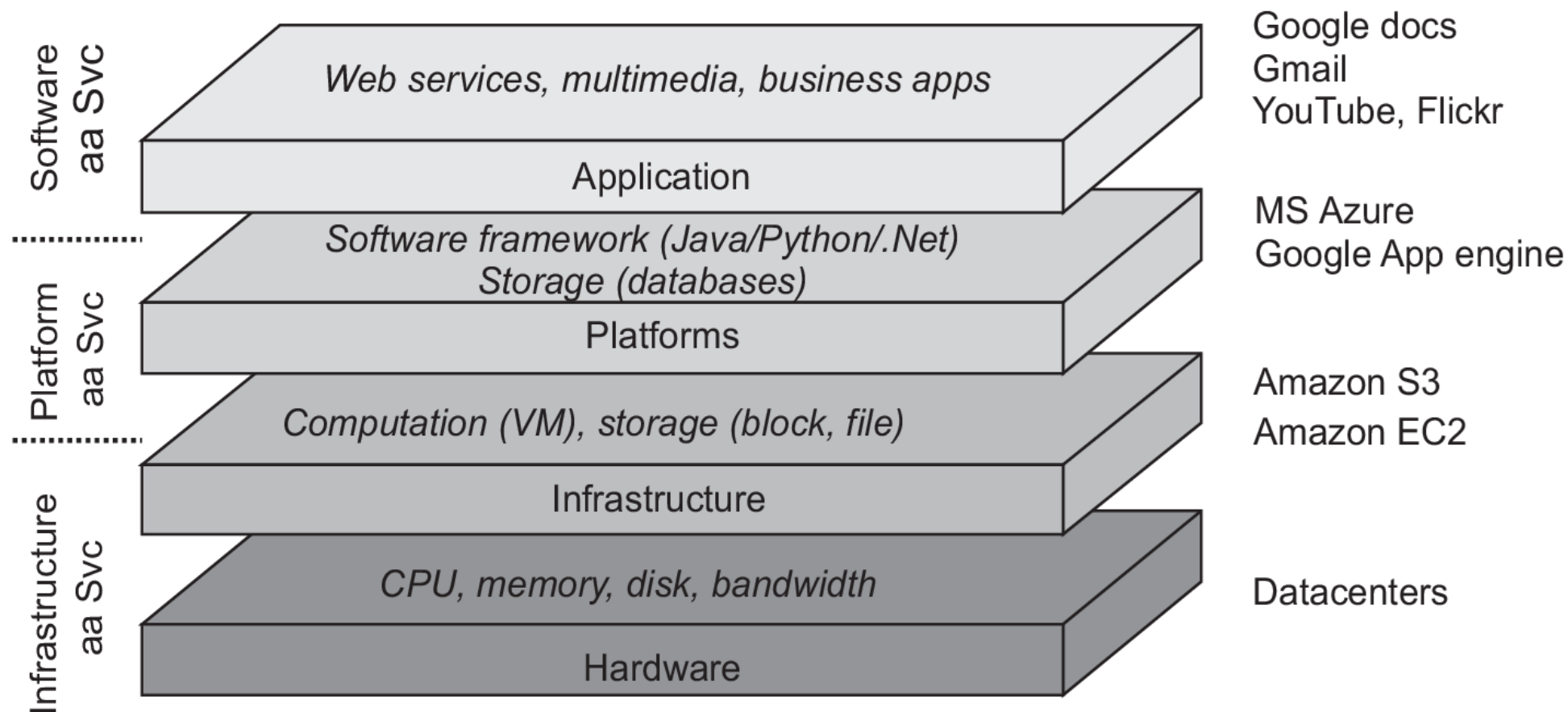
IaaS – Infrastructure as a Service

- Oferece infraestrutura virtual para os clientes
- Permite o acesso a máquinas virtuais com as características desejadas
- É possível instalar aplicativos compatíveis com a configuração da VM

PaaS – Platform as a Service

- Oferece ao usuário uma plataforma de desenvolvimento completa e remotamente hospedada na Nuvem.
 - Estão disponíveis ferramentas para desenvolvimento, testes, administração e gerenciamento

Computação em Nuvem – Tipos de Serviços



Computação em Nuvem – Modelos de Implantação

Nuvem Privada: de uso exclusivo das unidades de negócio de uma corporação

Nuvem Pública: disponível para uso do público em geral

Nuvem Comunitária: acessível a usuários de organizações que possuem interesses comuns

Nuvem Híbrida: composição de infraestruturas de nuvem de diferentes tipos, reunidas para obter um melhor aproveitamento de recursos e permitir portabilidade de dados e aplicações

Computação em Nuvem – Principais Desafios

- Segurança de dados (privacidade e direito sobre o dado)
 - visto que informação dos clientes é mantida em infraestrutura remota
- Padronização entre nuvens de diferentes provedores
- Garantir alta disponibilidade e desempenho satisfatórios
- Prover gerenciamento eficiente e garantia de Níveis de Acordo de Serviço (SLA – *Service level Agreement*)

Referências utilizadas

Parte destes slides são baseadas em material de aula dos livros:

- *DE ROSE, Cesar A.; NAVAUX, Philippe. O. A. **Arquiteturas Paralelas**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 164p. (Livros didáticos, n.15) ISBN 978-8577803095*
- *COULOURIS, George; DOLLIMORE, Jean; KINDBERG, Tim; BLAIR, Gordon. **Distributed Systems, Concepts and Design**. Fifth Edition. Addison-Wesley, 2012. ISBN 978-0-13-214301-1*
- Anais da Escola Regional de Alto Desempenho da Região Sul (ERAD/RS)
- Slides de aula da Profa. Patrícia Plentz
- Artigos acadêmicos, conforme citados.

