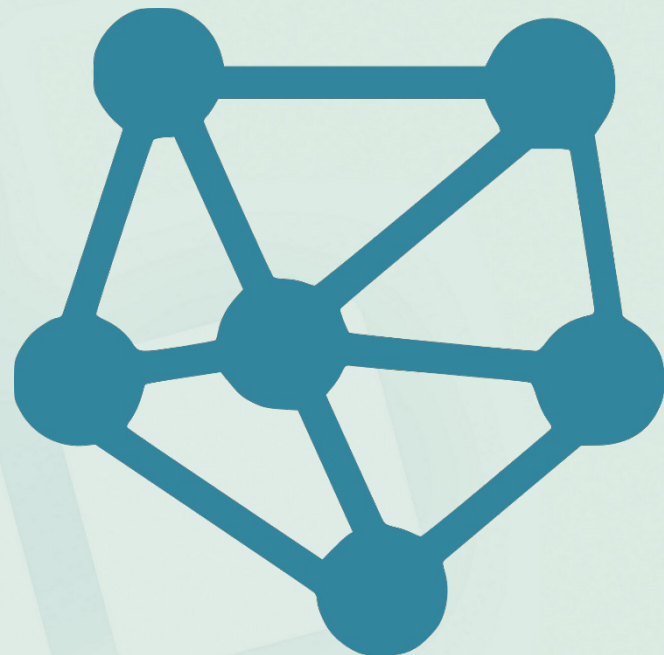


**INSTITUTO FEDERAL**

Sertão Pernambucano

# Sistemas Distribuídos

**Sistemas de Computação  
Distribuída**



Prof. Heraldo Gonçalves Lima Junior



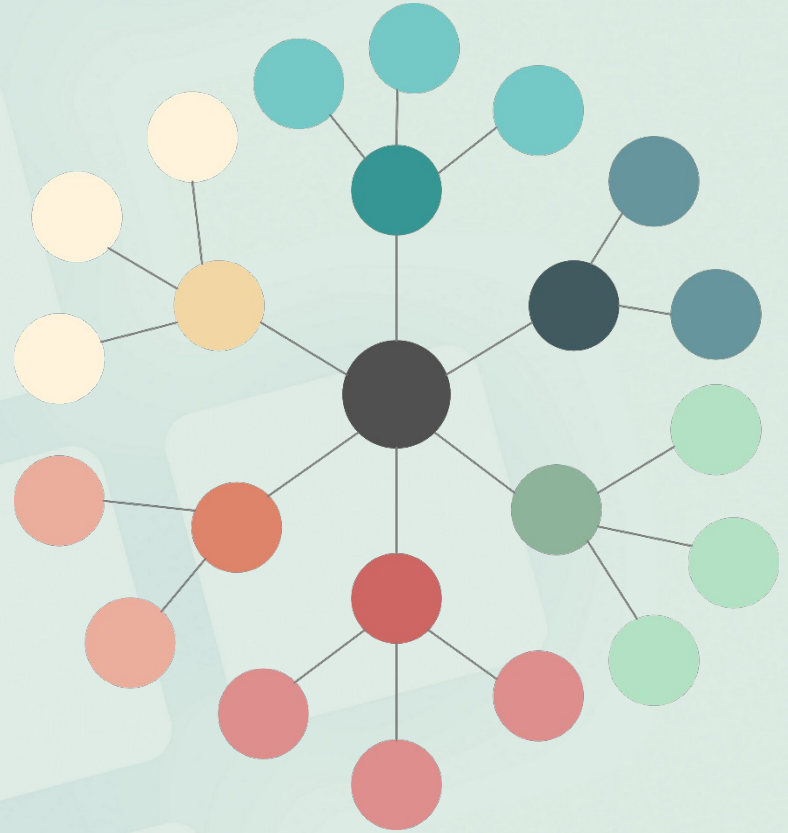
# 1. Cluster

## 1.1. Motivação

- Você já imaginou como seria juntar a capacidade de dois computadores para criar uma máquina muito mais potente?
- Com a estrutura em cluster isso é possível.
- E a boa notícia é que já existem diferentes tipos de cluster para atender às mais diversas solicitações.

## 1.2. Definição

- Conjunto de servidores/computadores agrupados com intenção de **ganho de desempenho**, disponibilidade ou gerenciamento;





## 1.2. Definição

- Cada computador que faz parte do cluster recebe o nome de **nó** (ou node). Teoricamente, não há limite máximo de nós, mas independentemente da quantidade de máquinas que o compõe, o cluster deve ser "**transparente**", ou seja, ser visto pelo usuário ou por outro sistema que necessita deste processamento como um único computador.



## 1.3. História

- Com o objetivo de aumentar a eficiência dos processadores, diferentes tipos de clusters começaram a ser utilizados pela gigante da informática, **IBM, em 1960.**
- No final de **1993**, Donald Becker e Thomas Sterling iniciaram um esboço de um sistema de processamento distribuído construído a partir de hardware convencional como uma medida de combate aos custos dos supercomputadores.



## 1.3. História

- No início de **1994**, trabalhando no CESDIS, com o patrocínio do projeto HTPCC/ESS, criaram o primeiro cluster desse tipo, o projeto **Beowulf**.
  - A máquina foi um sucesso instantâneo e esta ideia rapidamente se espalhou pelos meios acadêmicos, pela NASA e por outras comunidades de pesquisa.

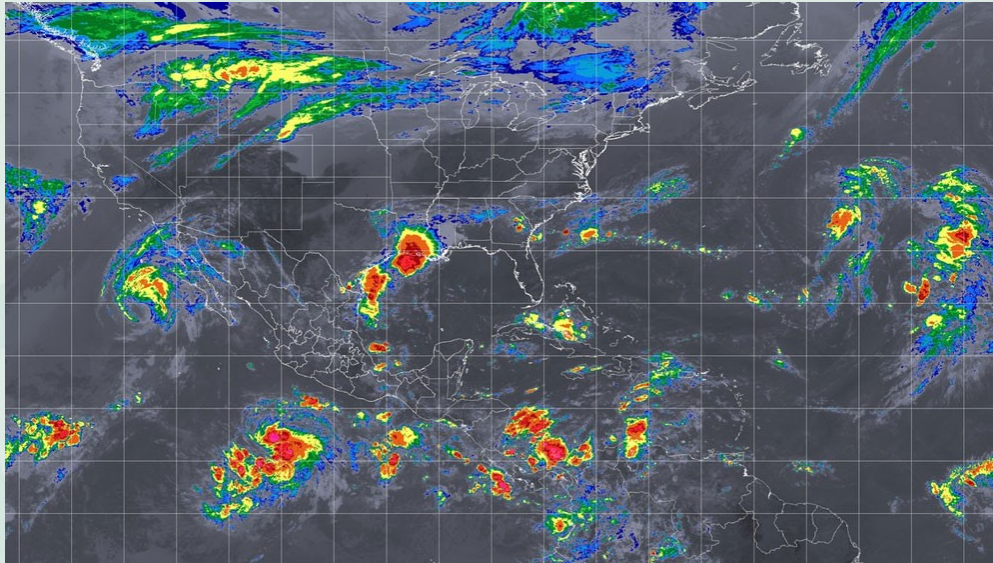
## 1.4. Exemplos de Aplicações

- Há uma enormidade de aplicações que só podem ser atendidas satisfatoriamente com computação de alto desempenho.



## 1.4. Exemplos de Aplicações

- Sistemas meteorológicos



Sistemas Distribuídos – IF SertãoPE Campus Salgueiro



## 1.4. Exemplos de Aplicações

- Ferramentas de mapeamento genético



## 1.4. Exemplos de Aplicações

- Programas de renderização de imagens tridimensionais





## 1.5. Funcionamento

- Os nós do cluster devem ser interconectados, preferencialmente, por uma tecnologia de rede conhecida, para fins de manutenção e controle de custos, como a Ethernet.
- Não há necessidade de compor um conjunto de hardware precisamente igual em cada nó.

## 1.5. Funcionamento

- Pode-se usar **máquinas construídas especificamente para funcionar como nós**. Neste caso, os computadores teriam apenas dispositivos de hardware imprescindíveis ao cluster.
- Mas, também **é possível utilizar computadores "convencionais"**, como desktops para fins domésticos ou para uso em escritório.





## 1.5. Funcionamento

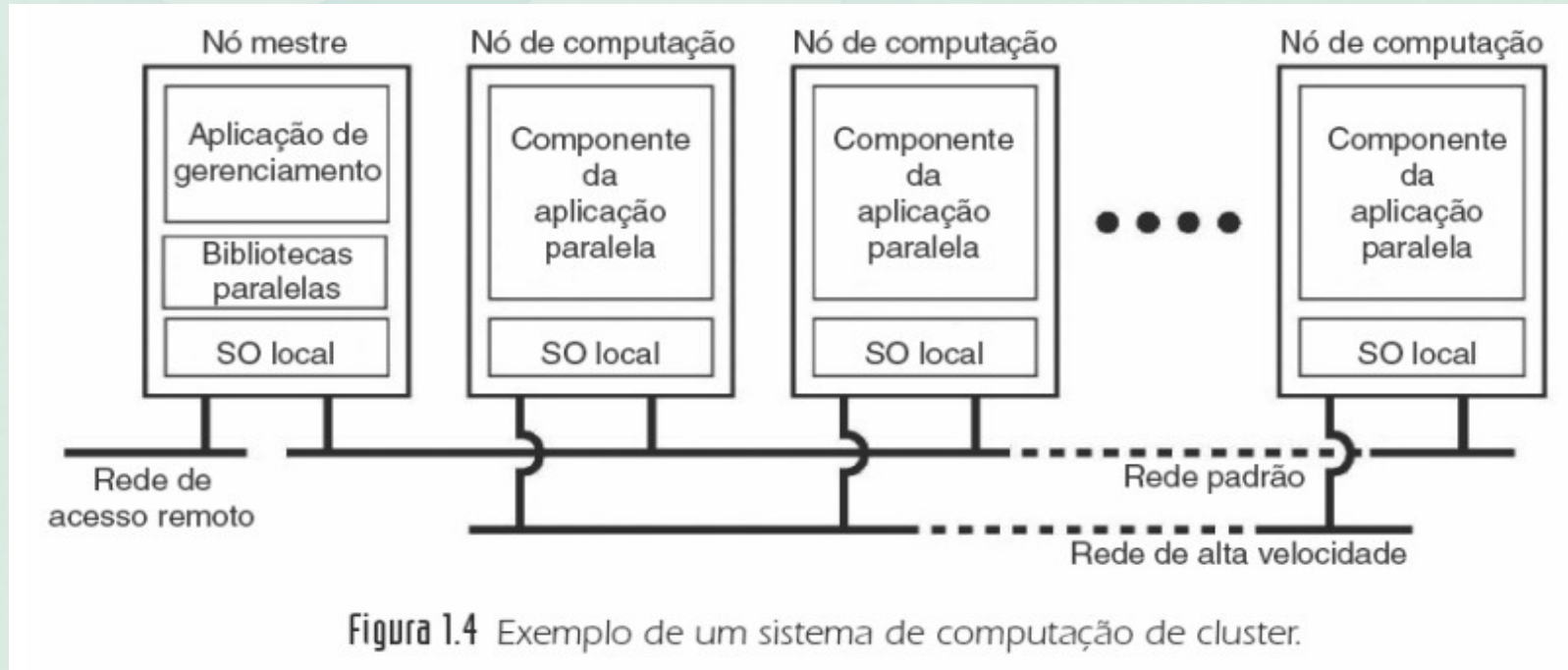
- Os nós podem ser:
  - **Não dedicados:** cada computador que faz parte do cluster não trabalha exclusivamente nele;
  - **Dedicados:** o nó é utilizado somente para este fim, fazendo com que dispositivos como teclados e monitores sejam dispensáveis;



## 1.5. Funcionamento

- Os nós não precisam ser exatamente iguais no que diz respeito ao hardware, mas **é essencial que todas os computadores utilizem o mesmo sistema operacional.**
- Do ponto de vista do software, o cluster conta ainda com o elemento que faz o papel de **middleware.**

## 1.2. Funcionamento



## 1.6. Tipos de Cluster

- Vamos conhecer agora os diferentes tipos de cluster e suas funcionalidades:
  - Cluster de Alto Desempenho (High Performance Computing Cluster);
  - Cluster de Alta Disponibilidade (High Availability Computing Cluster);
  - Cluster para Balanceamento de Carga (Load Balancing);
  - Cluster de Processamento Paralelo.

## 1.6.1. Cluster de Alto Desempenho

- Como o nome já deixa claro, **o foco principal desse tipo de cluster é proporcionar alto desempenho para as aplicações.** Ou seja, fornecer os resultados desejados em um tempo hábil, independentemente da complexidade da tarefa.

## 1.6.1. Cluster de Alto Desempenho

- Sistemas utilizados em pesquisas científicas, por exemplo, podem se beneficiar deste tipo de cluster por necessitarem analisar uma grande variedade de dados rapidamente e realizar cálculos bastante complexos.



## 1.6.2. Cluster de Alta Disponibilidade

- O cluster de alta disponibilidade tem como objetivo **manter a aplicação sempre em funcionamento**. Isto é, o serviço deve operar de forma ininterrupta. Porém, caso aconteça uma paralisação, ela deve ser a menor possível.

## 1.6.2. Cluster de Alta Disponibilidade

- Se ocorrer algum problema em determinado nó, o **mecanismo deverá continuar ativo** como se nada tivesse acontecido aos olhos do usuário.

## 1.6.2. Cluster de Alta Disponibilidade

- Por causa dessa exigência **é tolerável que o cluster apresente certa perda de desempenho**, principalmente quando isso ocorre em decorrência dos seus esforços para manter as atividades a todo vapor.

## 1.6.3. Cluster de Balanceamento de Carga

- De todos os tipos de cluster, este se preocupa em distribuir as tarefas de processamento da forma mais equilibrada possível.
- Cada máquina recebe e atende a uma requisição específica, mas todas estão preparadas para atuar em conjunto. Caso ocorra alguma falha, as demandas podem ser redistribuídas.

## 1.6.3. Cluster de Balanceamento de Carga

- É importante dizer que, além de ser capaz de dividir os afazeres de modo uniforme, o **Load Balancing deve monitorar continuamente esse modelo de cluster.**
- Desse jeito, ele consegue identificar os computadores que estão lidando com o menor volume de trabalho e que podem receber novas requisições.



## 1.6.4. Cluster de Processamento Paralelo

- Esse tipo de cluster tem a missão de aumentar o desempenho das aplicações que demandam grandes tarefas. Como?
- A estrutura divide essas requisições complexas em atividades mais simples, distribuídas e executadas paralelamente pelos seus nós.

## 1.6.5. Cluster Beowulf

- O Beowulf não é, necessariamente, um middleware, como muitas pensam. Na verdade, este nome faz referência a um padrão de clustering disponibilizado pela NASA (National Aeronautics and Space ) em 1994 e amplamente adotado desde então.
- É comum associá-lo ao cluster de processamento paralelo.

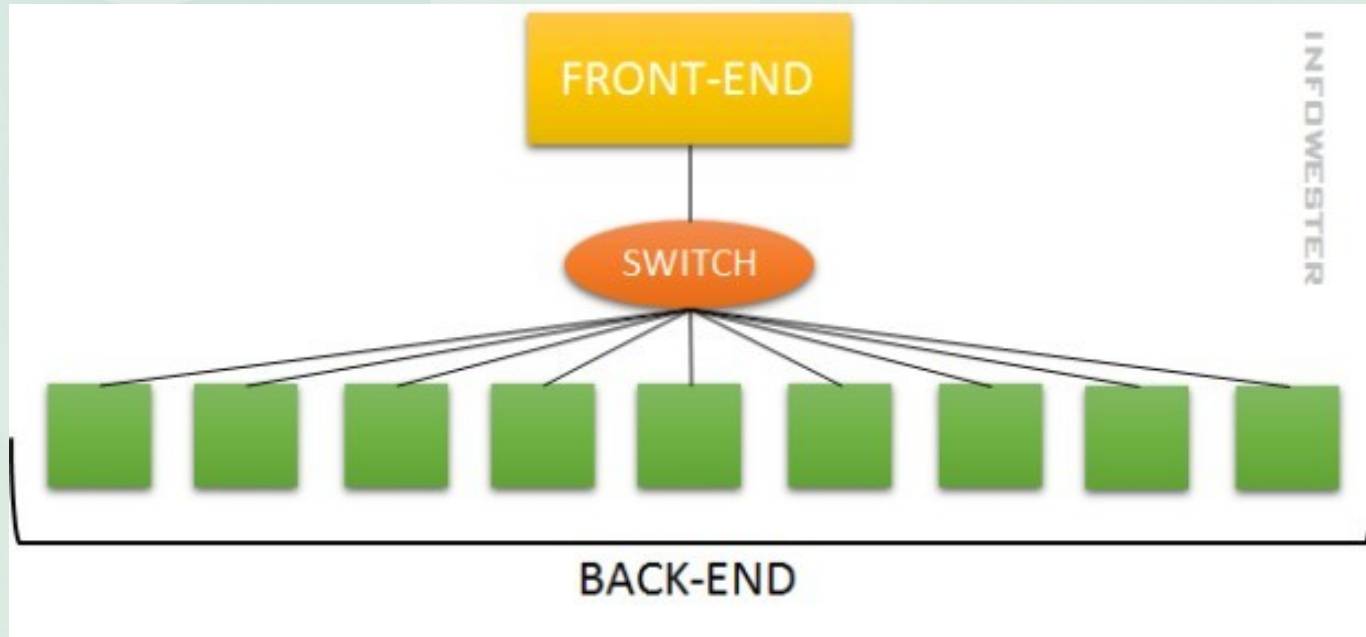
## 1.6.5. Cluster Beowulf

- O Beowulf não é, necessariamente, um middleware, como muitas pensam. Na verdade, este nome faz referência a um padrão de clustering disponibilizado pela NASA (National Aeronautics and Space ) em 1994 e amplamente adotado desde então.
- É comum associá-lo ao cluster de processamento paralelo.

## 1.6.5. Cluster Beowulf

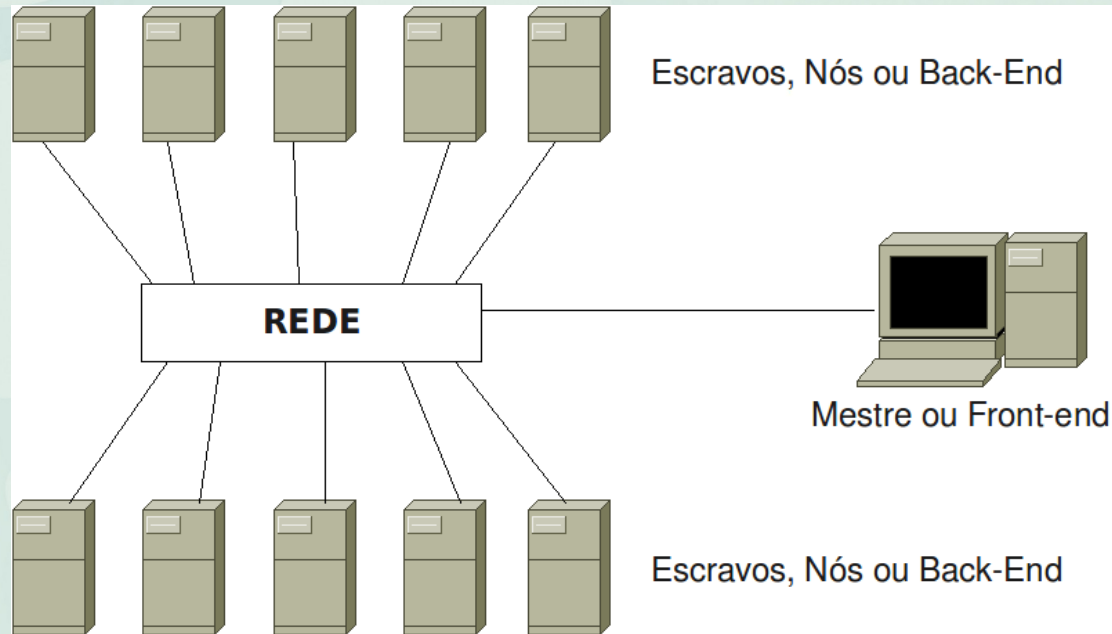
- Deve haver pelo menos um nó que atue como mestre para exercer o controle dos demais. **As máquinas mestres são chamadas de front-end; as demais, de back-end.**
- **Há a possibilidade de existir mais de um nó no front-end** para que cada um realize tarefas específicas, como monitoramento, por exemplo;

## 1.6.5. Cluster Beowulf





## 1.6.5. Cluster Beowulf



## 1.6.5. Cluster Beowulf

- A comunicação entre os nós pode ser feita por redes do tipo Ethernet, mais comuns e mais baratas, como você já sabe;
- Não é necessário o uso de hardware exigente, nem específico. A ideia é a de se aproveitar componentes que possam ser encontrados facilmente. Até mesmo PCs considerados obsoletos podem ser utilizá-los.

## 1.6.5. Cluster Beowulf

- O sistema operacional deve ser de código aberto, razão pela qual o Linux e outras variações do Unix são bastante utilizados em cluster Beowulf;
- Os nós devem se dedicar exclusivamente ao cluster;



## 1.6.5. Cluster Beowulf

- Deve-se fazer uso de uma biblioteca de comunicação apropriada, como a PVM (Parallel Virtual Machine) ou a MPI (Message Passing Interface). Ambas são direcionadas à troca de mensagens entre os nós, mas o MPI pode ser considerado mais avançado que o PVM, uma vez que consegue trabalhar com comunicação para todos os computadores ou para apenas um determinado grupo.

## 1.7. Vantagens dos Clusters

- Pode-se obter resultados tão bons quanto ou até superiores que um servidor sofisticado a partir de máquinas mais simples e mais baratas (ótima relação custo-benefício);
- Não é necessário depender de um único fornecedor ou prestador de serviço para reposição de componentes;



## 1.7. Vantagens dos Clusters

- A configuração de um cluster não costuma ser trivial, mas fazer um supercomputador funcionar poder ser muito mais trabalhoso e exigir pessoal especializado;
- É possível aumentar a capacidade de um cluster com a adição de nós ou remover máquinas para reparos sem interromper a aplicação;

## 1.7. Vantagens dos Clusters

- Há opções de softwares para cluster disponíveis livremente, o que facilita o uso de uma solução do tipo em universidades, por exemplo;
- Relativa facilidade de customização para o perfeito atendimento da aplicação;

## 1.7. Vantagens dos Clusters

- Um cluster pode ser implementado tanto para uma aplicação sofisticada quanto para um sistema doméstico criado para fins de estudos, por exemplo;

## 1.7. Vantagens dos Clusters



- **Aprenda a criar um “supercomputador” com vários Raspberry Pi:**

<https://pplware.sapo.pt/informacao/aprenda-a-criar-um-supercomputador-com-varios-raspberry-pi/>

## 1.8. Desvantagens dos Clusters

- A facilidade de expansão do cluster pode ser uma "faca de dois gumes": a quantidade de máquinas pode aumentar tanto que a manutenção se torna mais trabalhosa, o espaço físico pode ficar impróprio, etc;
- A tecnologia de comunicação utilizada pode não oferecer a velocidade de transferência de dados ou o tempo de resposta necessário, dependendo da aplicação;



## 1.8. Desvantagens dos Clusters

- Um cluster tem como base uma rede local, logo, não se pode acrescentar máquinas que estejam muito distantes geograficamente.
- Por estes aspectos, fica evidente que as necessidades e os requisitos de uma aplicação devem ser bem avaliados para que se possa decidir entre a implementação de um cluster ou outra tecnologia.



## 2. Grids

## 2.1. O que é um Grid?

- Analogia com o problema da energia elétrica na década de 90;
- Linhas elétricas foram criadas (**power grids**);
- O usuário não sabe de onde vem a energia que ele está utilizando.



## 2.1. O que é um Grid?

- De forma resumida, um grade computacional, ou grid, é um serviço para o **compartilhamento de poder de processamento e capacidade de armazenamento** pela internet, a fim de se otimizar as tarefas realizadas.



## 2.1. O que é um Grid?

- Segundo Ian Foster, as Grids podem ser definidas de dois modos:
- Como sendo um método de se compartilhar recursos e se resolver problemas em organizações virtuais multi-institucionais dinâmicas;



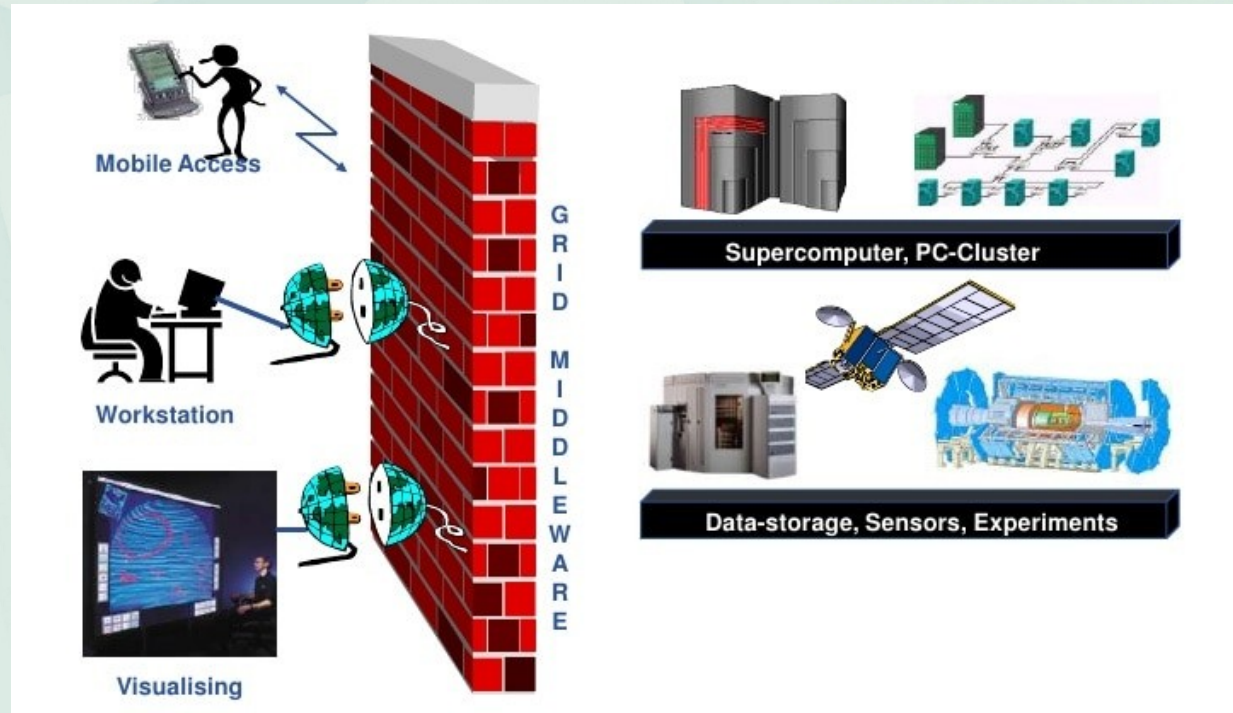
## 2.1. O que é um Grid?

- Como sistemas que dão suporte a criação de aplicações paralelas que agregam e fornecem recursos heterogêneos distribuídos geograficamente de forma consistente e barata.

## 2.1. O que é um Grid?

- **Em uma grid, podemos compartilhar tudo, para atingir um objetivo.** Atualmente é usado mais no meio acadêmico, em pesquisas na área científica, como em Física, Ciência da Computação, Engenharia Elétrica, Engenharia de Telecomunicações, Climatologia, Criptografia, Biologia, Oceanografia, simulações etc.

## 2.1. O que é um Grid?



## 2.2. Exemplos de uso

- Por exemplo, duas empresas sediadas em países com fuso-horários diferentes poderiam formar um grid, combinando seus servidores web, de modo que uma possa utilizar os ciclos de processamento ociosos da outra em seus horários de pico, já que com horários diferentes os picos de acessos aos servidores de cada empresa ocorrerão em horários diferentes.



## 2.2. Exemplos de uso

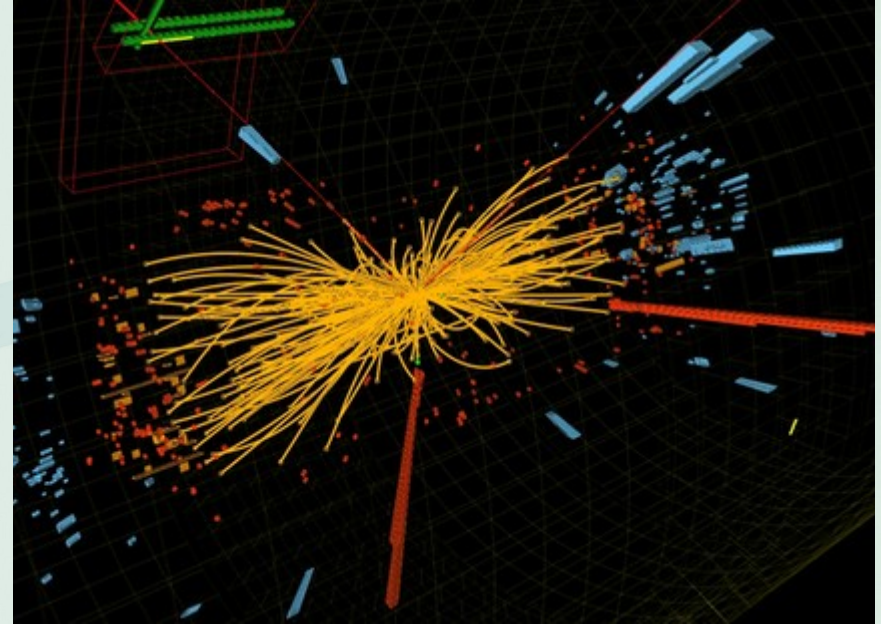
- **Seti@home:** Search for ExtraTerrestrial Intelligence (Busca por Inteligência Extra-Terrestre).





## 2.2. Exemplos de uso

- **LHC@home:** utilizado para melhorar o acelerador de partículas LHC (Large Hadron\* Collider)

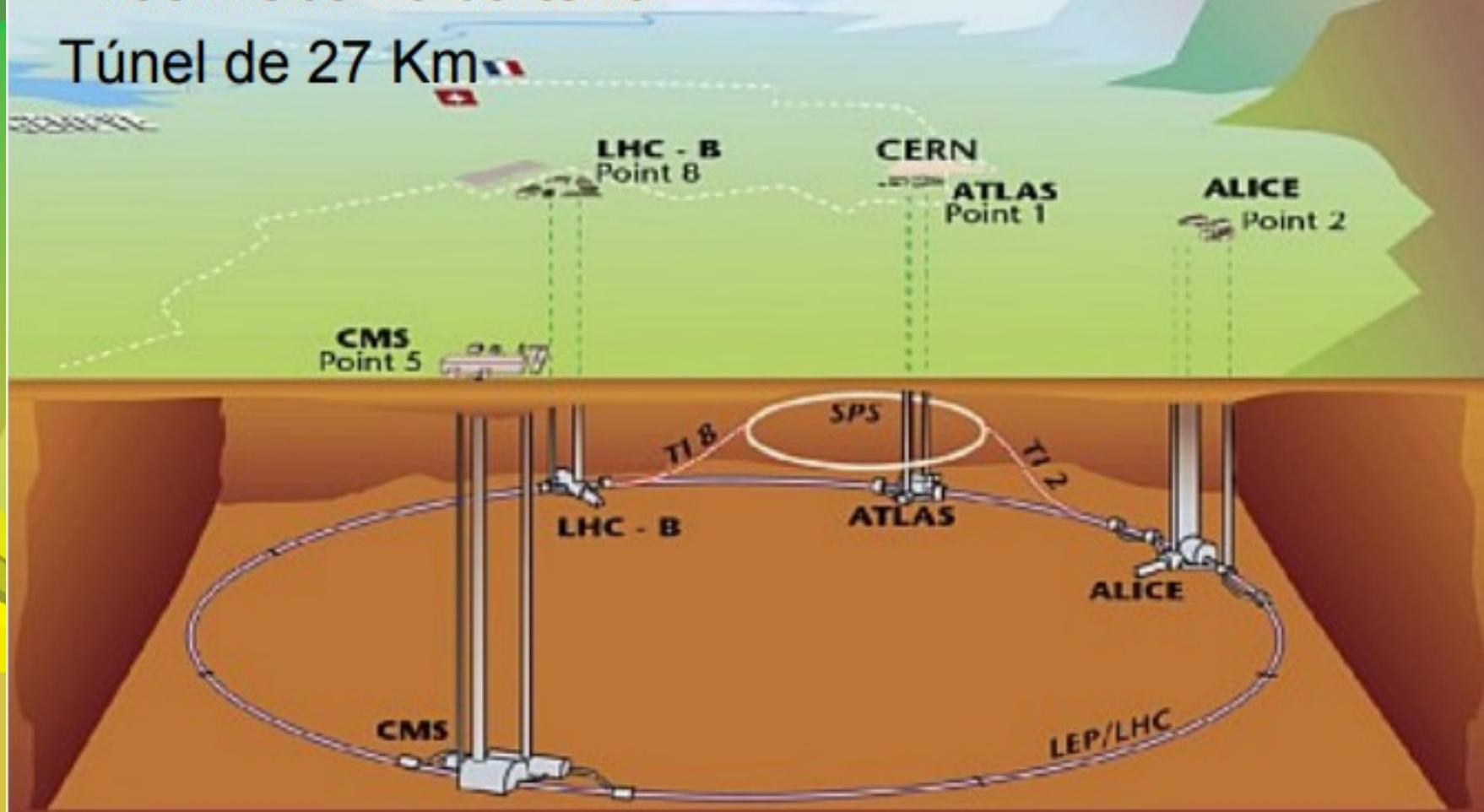


- O maior experimento científico do mundo



~100m abaixo da terra

Túnel de 27 Km





## 2.2. Exemplos de uso: LHC

- 40.000.000 de colisões por segundo em cada detector
- 15 Petabytes de dados por ano (~15.000.000 GB)
  - ~ **21 milhões de CDRoms**
  - **41TB por dia**
  - **150 vezes todo conteúdo publicado anualmente na WWW \***

## 2.2. Exemplos de uso: LHC

- Seria necessário um cluster com ~100.000 CPUs;
- Os dados precisam estar disponíveis para milhares de cientistas, independente da sua localização.





## 2.2. Exemplos de uso: Folding@home

Folding@home 3D visualization

Work Unit

14623 Run: 1937 Clone: 0 Gen: 78  
GRO\_A7 0xa7  
11:58%  
22 hours 19 mins

Donor  
Name: Flossc  
Team: 260228

10.1 of 13  
Connected  
Linux Professional Institute

20

Folding@home

Your computing power  
against COVID-19

## 2.2. Exemplos de uso: Folding@home

- A velocidade de formação das proteínas é incrivelmente rápida, algumas tão velozes como um milionésimo de segundo. Enquanto esse valor é muito rápido na escala de uma pessoa, é consideravelmente longo para que os computadores simulem. De fato, **demora-se cerca de um dia para se simular um nano segundo.**

## 2.2. Exemplos de uso: Folding@home

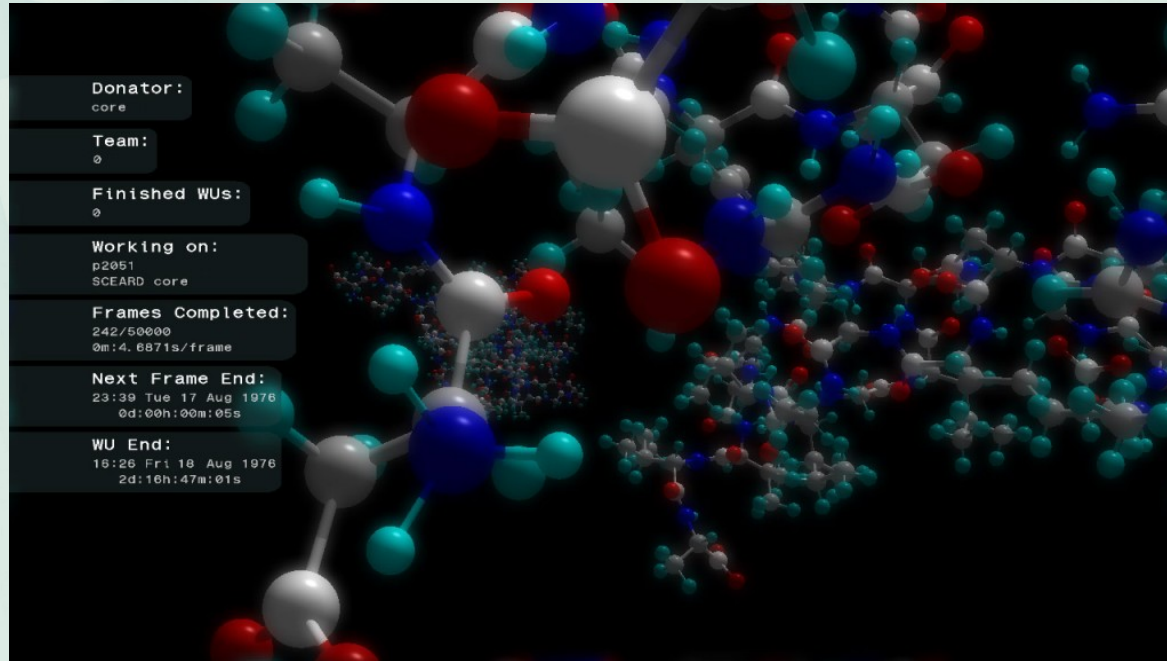
- Infelizmente, as proteínas se formam na ordem de dezenas de microssegundos. Portanto, **demoraria 10.000 dias de uso da CPU para simular sua formação**. Isto é, **tem-se que esperar 30 anos de CPU para se obter apenas um resultado**. Por causa disso, o projeto Folding@home é extremamente importante, enquanto que acelera as simulações realizadas.

## 2.2. Exemplos de uso: Folding@home

- Folding@Home, ou FAH, é uma Grid lançada em outubro de 2000 que permite que pessoas comuns ajudem pesquisadores químicos a entender o funcionamento das proteínas complexas que fazem os vírus e outras formas de vida sobreviverem.



## 2.2. Exemplos de uso: Folding@home





## 2.2. Exemplos de uso: Folding@home

### Debian / Mint / Ubuntu



- ↓ [fahclient\\_7.5.1\\_amd64.deb](#)
- ↓ [fahcontrol\\_7.5.1-1\\_all.deb](#)
- ↓ [fahviewer\\_7.5.1\\_amd64.deb](#)

### Redhat / Centos / Fedora



- ↓ [fahclient-7.5.1-1.x86\\_64.rpm](#)
- ↓ [fahcontrol-7.5.1-1.noarch.rpm](#)
- ↓ [fahviewer-7.5.1-1.x86\\_64.rpm](#)

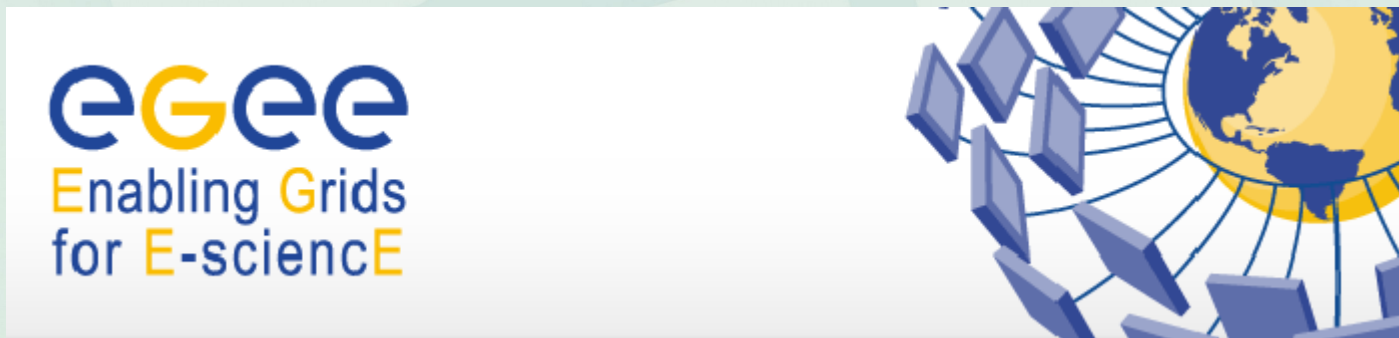
foldingathome.org

## 2.2. Exemplos de uso: Folding@home

- Em Abril de 2020 o projeto Folding@home contava com uma **capacidade de processamento de 2,481 Exaflops**, sendo esta a **maior capacidade atingida até ao momento**, fazendo parte do projeto aproximadamente **1 milhão de computadores**, que neste momento usam o seu poder para descobrirem novas curas para o COVID-19

## 2.3. Investimentos

- Na Europa o desenvolvimento da Computação Grid teve um forte impulso com a criação do projeto Enabling Grids for E-science (EGEE).



## 2.3. Investimentos



## 2.4. A formação da Computação em Grade

- **Processamento Paralelo:** A pesquisa em processamento paralelo sempre procurou extrair o máximo de desempenho computacional por meio da criação de **máquinas dedicadas com múltiplos processadores, redes especiais de alta velocidade, memórias compartilhadas e processamento vetorial.**



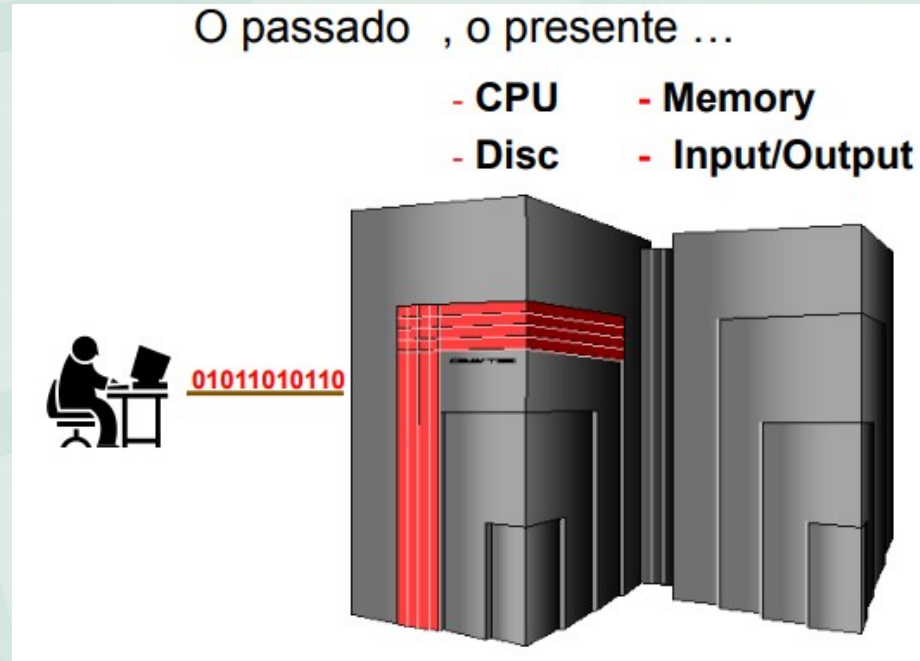
## 2.4. A formação da Computação em Grade

- **Sistemas Distribuídos:** preocupou-se mais com aspectos ligados à comunicação, heterogeneidade e compartilhamento de recursos computacionais, principalmente informações por meio de arquivos. Com a Internet e a Web, os sistemas distribuídos atingiram uma escala global propiciando a criação do comércio eletrônico, redes de troca de arquivos, etc.

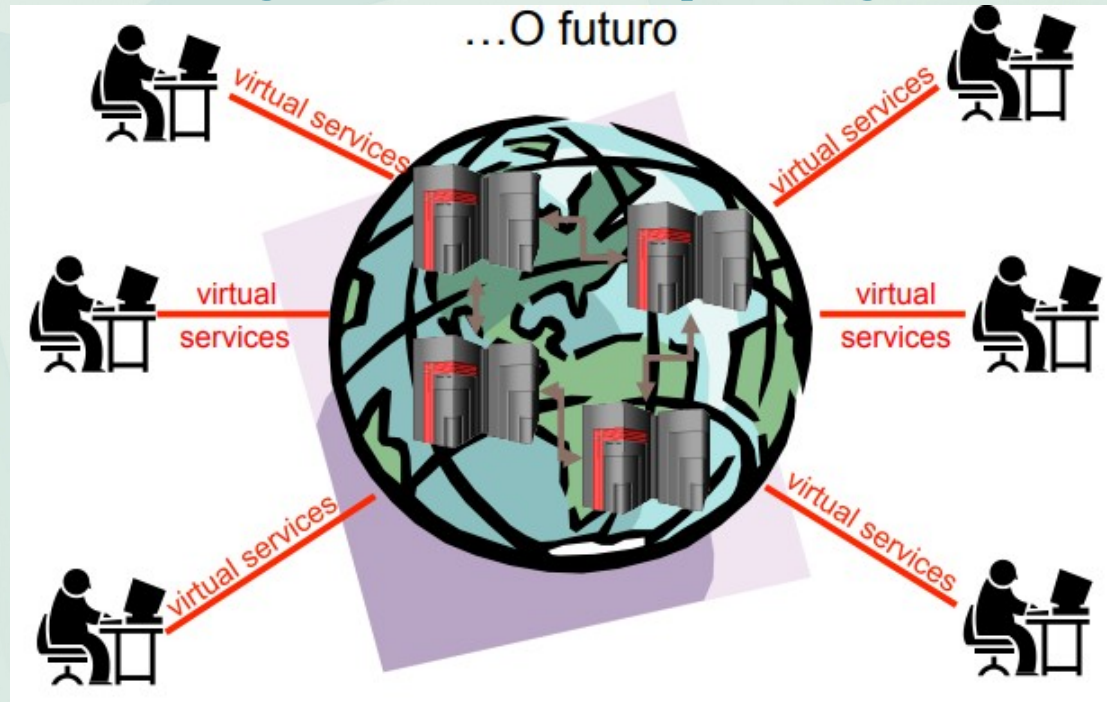
## 2.4. A formação da Computação em Grade

- **O surgimento da computação em grade:** Como resultado da união destas duas importantes áreas da computação, surgiu o conceito de grade computacional; Portanto, **as grades computacionais estão preocupadas em agregar supercomputadores distribuídos geograficamente para o processamento de grandes massas de dados.**

## 2.4. A formação da Computação em Grade



## 2.4. A formação da Computação em Grade



## 2.5. Diferença Grids x Clusters

- A maneira como os recursos são gerenciados:
  - Em Clusters há um gerenciador de recursos **centralizado** que aloca todos os recursos do Cluster e assim todos os nós trabalham conjuntamente.
  - Em Grid cada nó possui seu próprio gerenciador de recursos.



## 2.5. Diferença Grids x Clusters

- **Grid seria um conjunto de clusters?**
  - Mais do que isso:
    - Organização virtual que permite a aglomeração de recursos que estão distantes geograficamente;
    - Recursos podem ser: máquinas, dados, instrumentos etc.

## 2.6. Características dos Grids

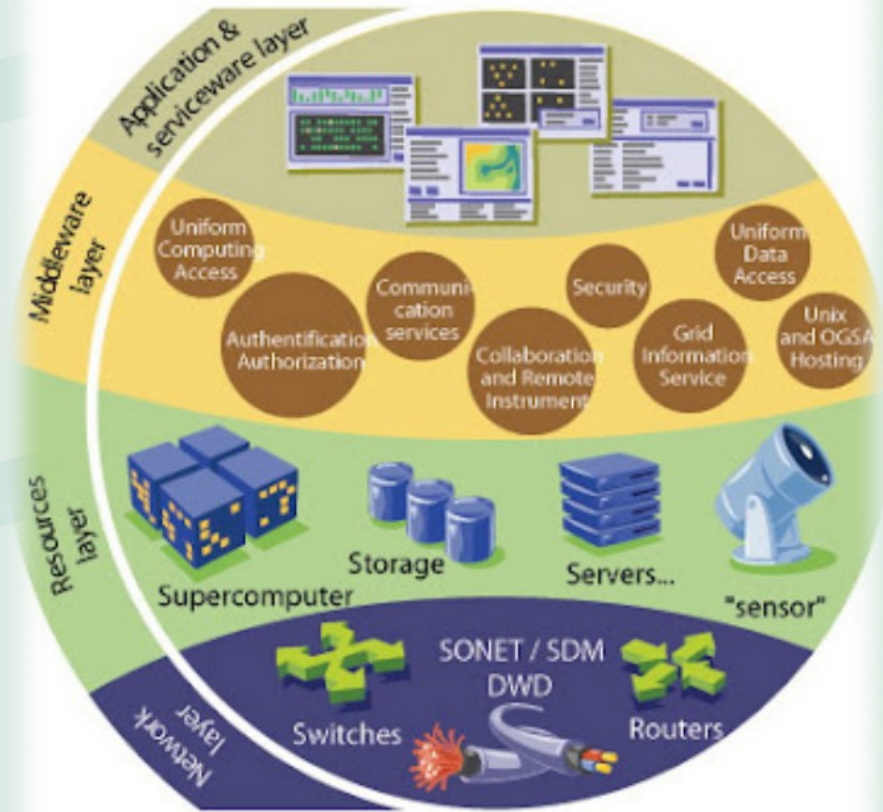
- A utilização da computação em grid costuma obedecer aos seguintes conceitos:
- **Computação oportunista:** Faz uso da **capacidade de processamento não utilizada pelos computadores**, executando processos em prioridades mais baixas de modo a não prejudicar a realização de outros processos ou a utilização do computador pelo usuário.

## 2.6. Características dos Grids

- **Computação voluntária ou Computação filantrópica:** O usuário interessado em ajudar certo projeto se cadastra neste e instala o aplicativo cliente em seu computador.
- **Espaço de armazenamento abundante.**

## 2.7. Arquitetura

- A arquitetura Grid é comumente descrita através de camadas, que provêm funções específicas.





## 2.7. Arquitetura

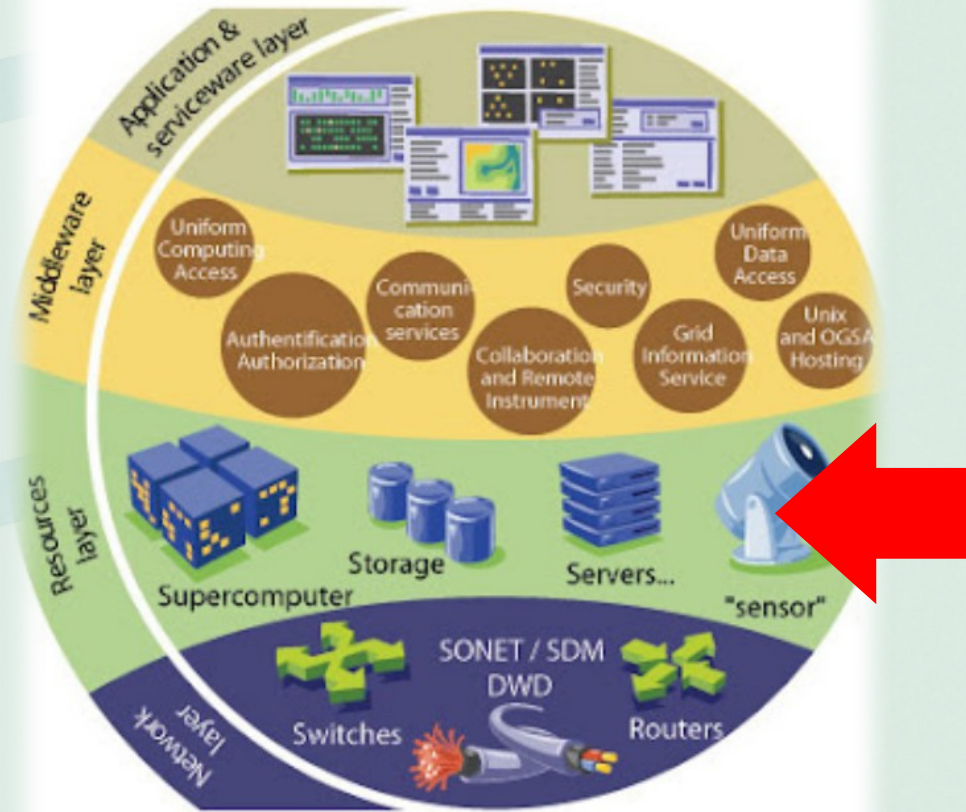
- A camada mais baixa é a da **rede**, que tem o papel de conectar os recursos da grid.





## 2.7. Arquitetura

- **Camada de recursos:**  
supercomputadores, servidores, serviços de armazenamento, sensores etc.



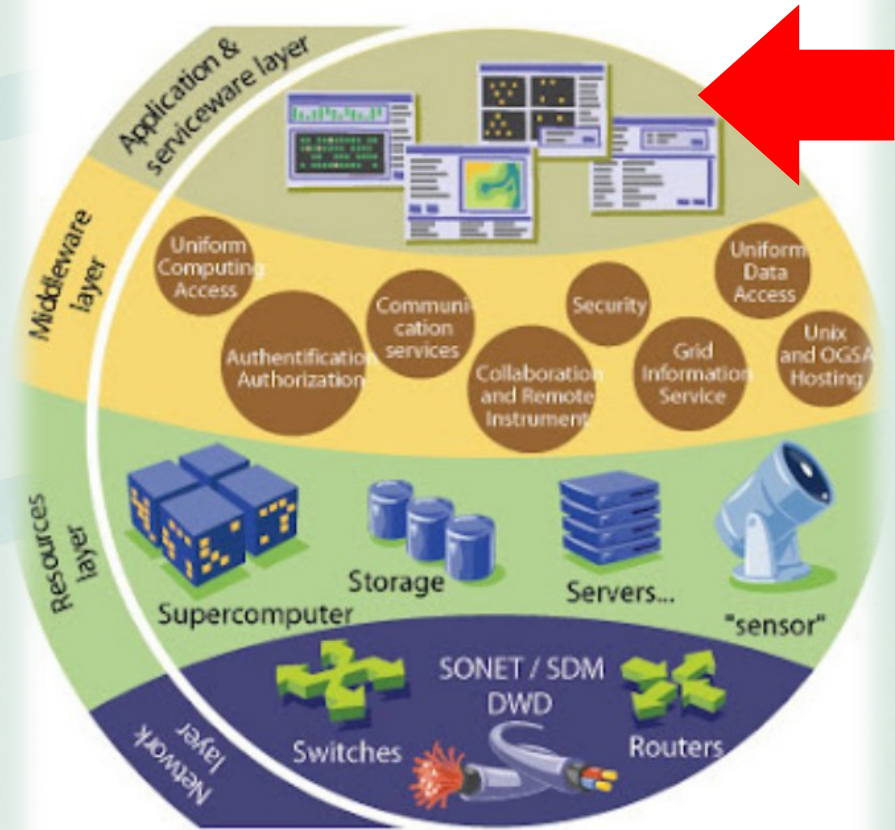
## 2.7. Arquitetura

- Acamada do **middleware** fornece ferramentas que permitem que elementos participem na grade.



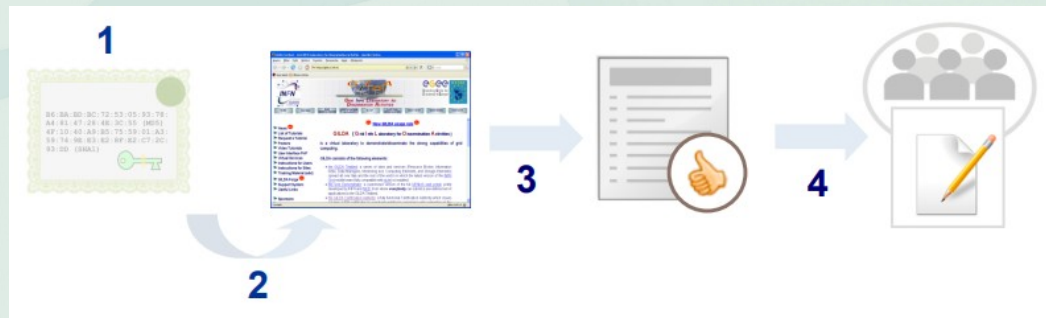
## 2.7. Arquitetura

- Por último, a camada mais alta da estrutura é a que se refere a **aplicação** propriamente dita, que inclui aplicações em diversas áreas.





## 2.8. Preocupação com a segurança



- Solicitar seu certificado digital à um CA (Certification Authority) certificado pelo IGTF (International Grid Trust Federation)
- 2. Carregar o certificado no browser
- 3. Aceitar os “Termos de Uso” do Grid
- 4. Solicitar sua inscrição em uma das Vos (Virtual Organization) disponíveis para o Grid em questão

## 2.9. Concluindo

- A fase atual do desenvolvimento do Grid pode ser comparada à da Web de 10 anos atrás;
- Acredita-se que Grid Computing revolucionará a TI da mesma forma que a Web fez (e está fazendo);
- Atualmente empresas como HP, Sun, Oracle, IBM e Microsoft também estão investindo em pesquisas relacionadas ao Grid;



## 2.9. Concluindo

- Instituições que antes eram privadas de pesquisas que exigiam muito poder computacional, agora podem tirar proveito do Grid;
- NGIs (Iniciativas Nacionais de Grid) estão sendo criadas em vários países;
- A chamada “e-Science” representa um ativo que contribuí para o desenvolvimento de um país

**Obrigado!**  
**Vlw! Flw!**



**INSTITUTO FEDERAL**  
Sertão Pernambucano