COMPUTAÇÃO DISTRIBUÍDA

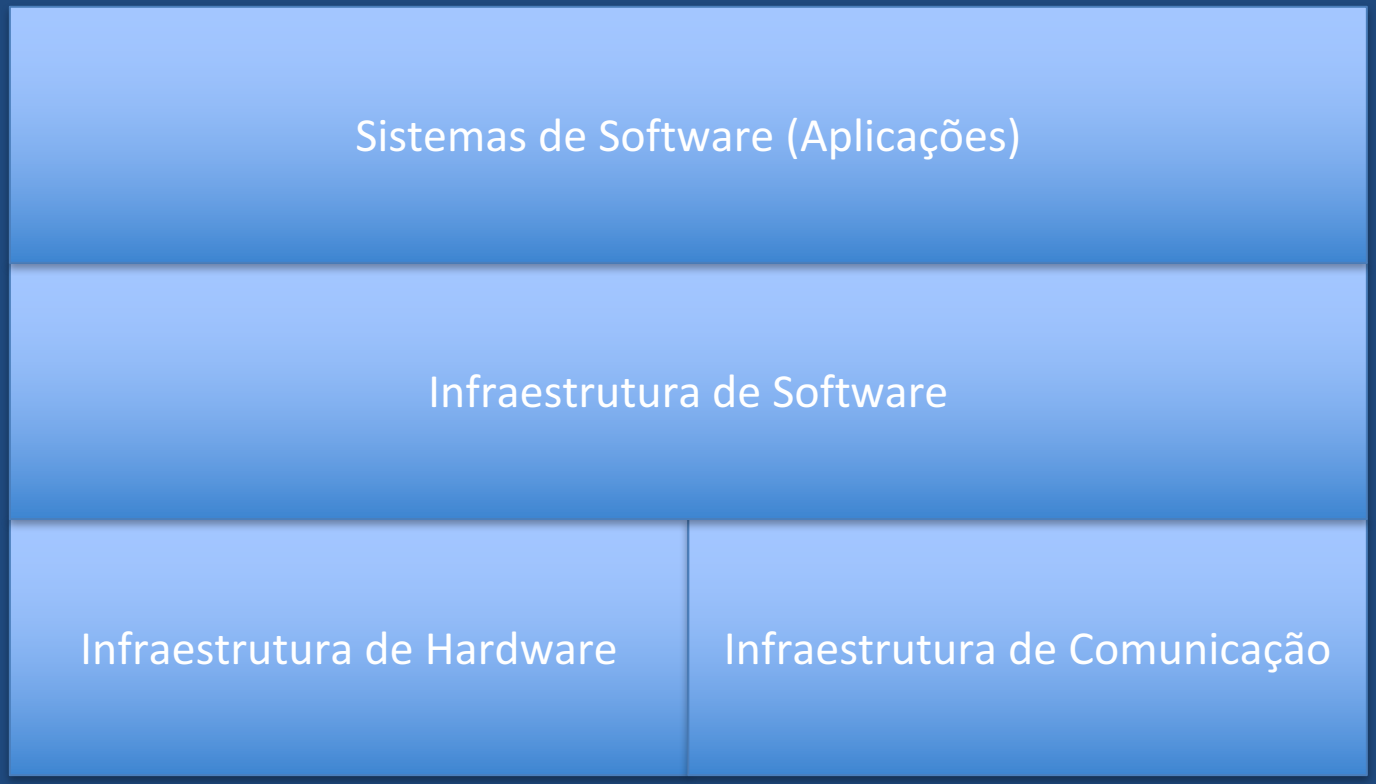
Introdução

Carlos Ferraz <cagf@cin.ufpe.br>

MOTIVAÇÃO

Computação em evolução

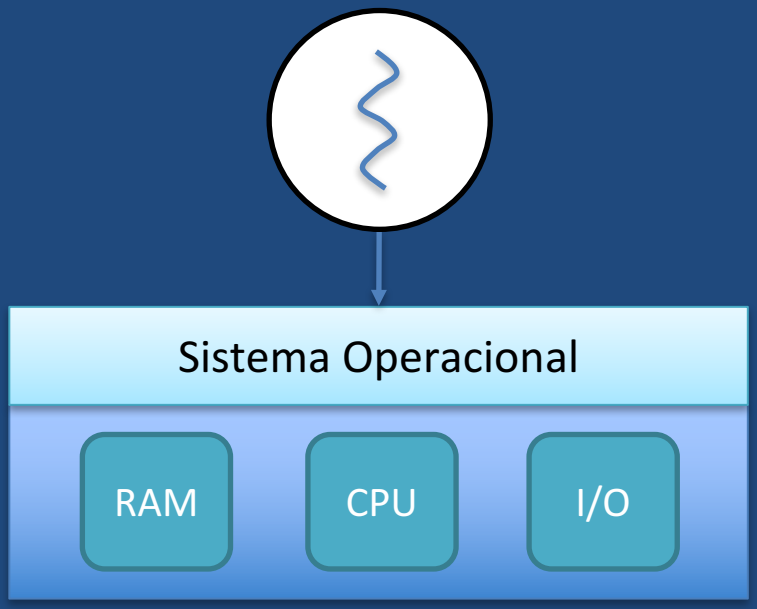
Antes disso...


Sistemas de Software (Aplicações)
Infraestrutura de Software
Infraestrutura de Hardware
Infraestrutura de Comunicação

Antes disso...


Sistemas Distribuídos
Middleware
Infraestrutura de Software
Sistemas Operacionais
Arquitetura de Computadores
Redes de Computadores

Evolução



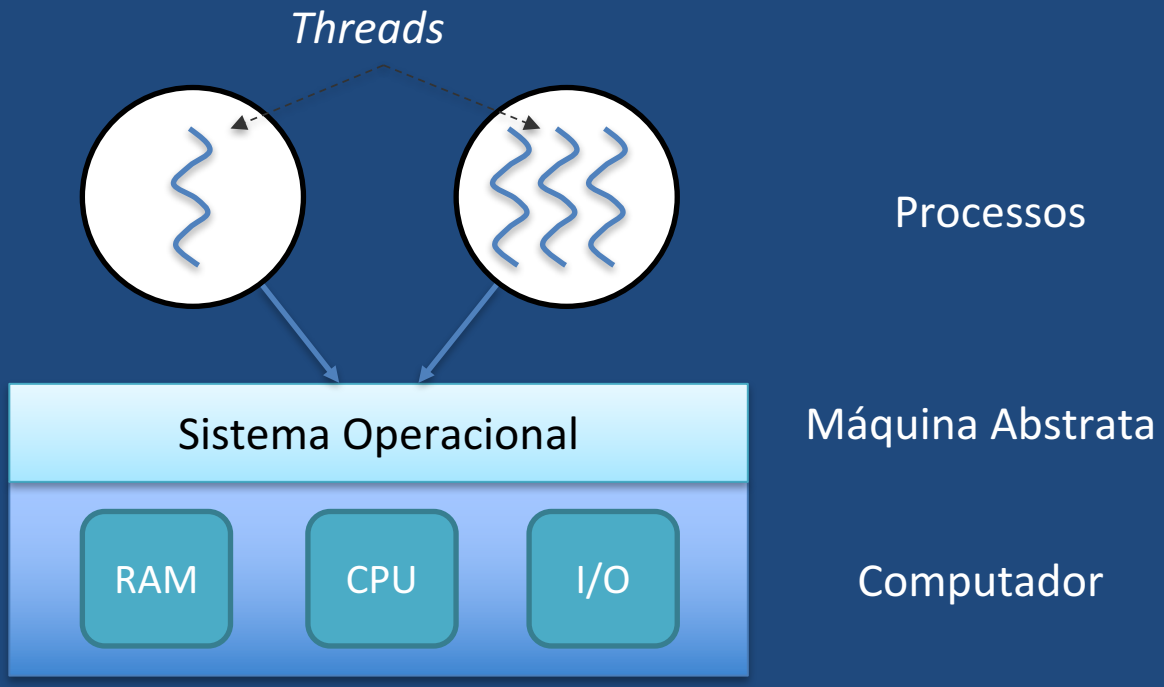
Processo

Máquina Abstrata

Computador

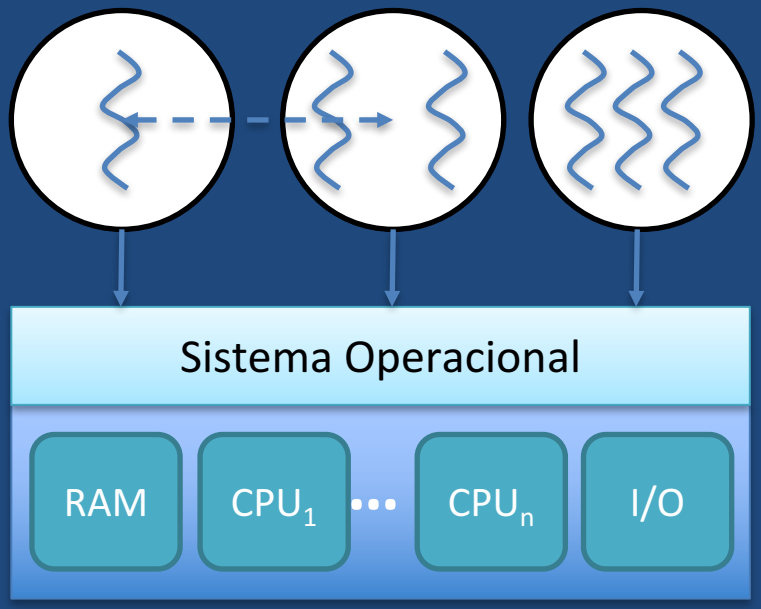
Computação Centralizada

Evolução



Concorrência

Evolução



Processos

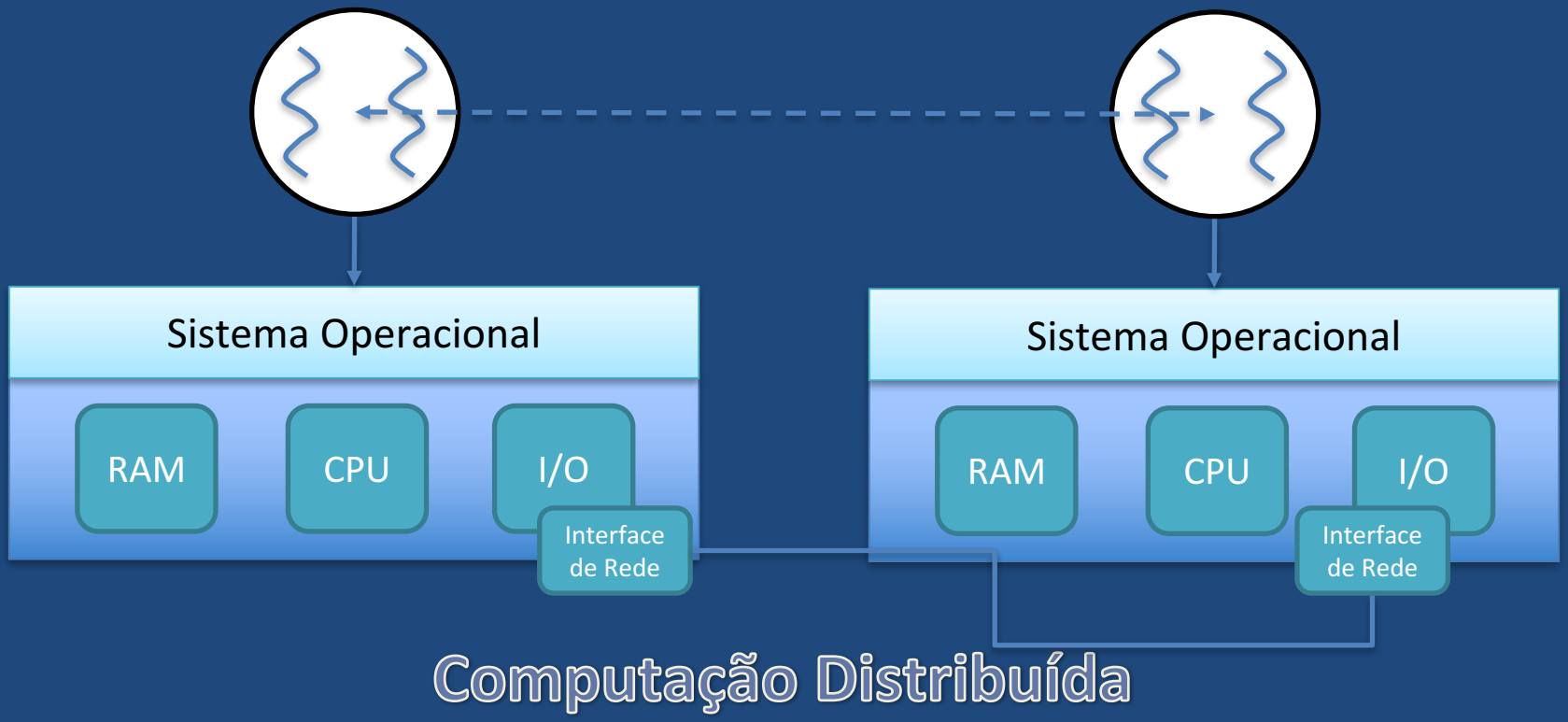
Máquina Abstrata

Computador

Computação Paralela

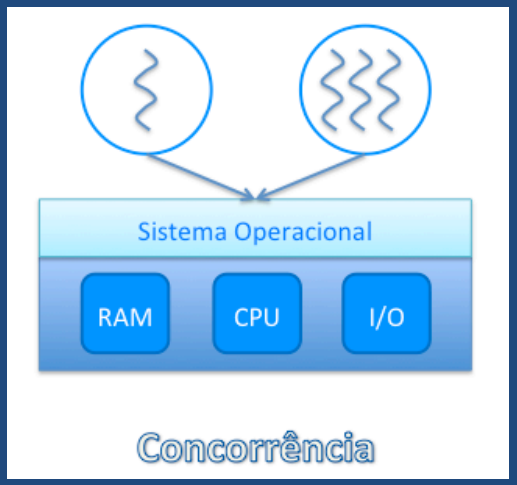
(e comunicação entre processos (IPC) concorrentes/paralelos)

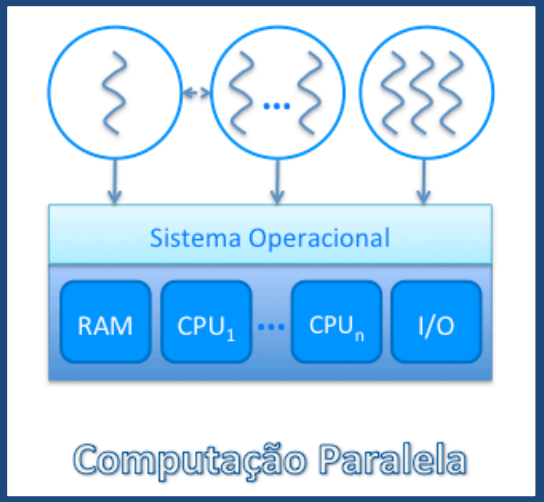
Evolução

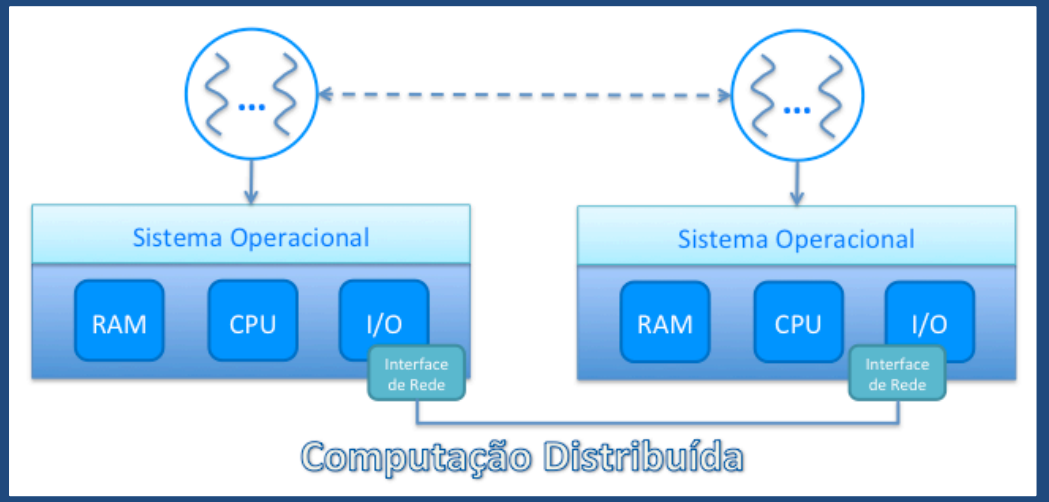

Sistema Operacional
RAM
CPU
I/O
Interface de Rede
Sistema Operacional
RAM
CPU
I/O
Interface de Rede
Computação Distribuída

Evolução da Computação

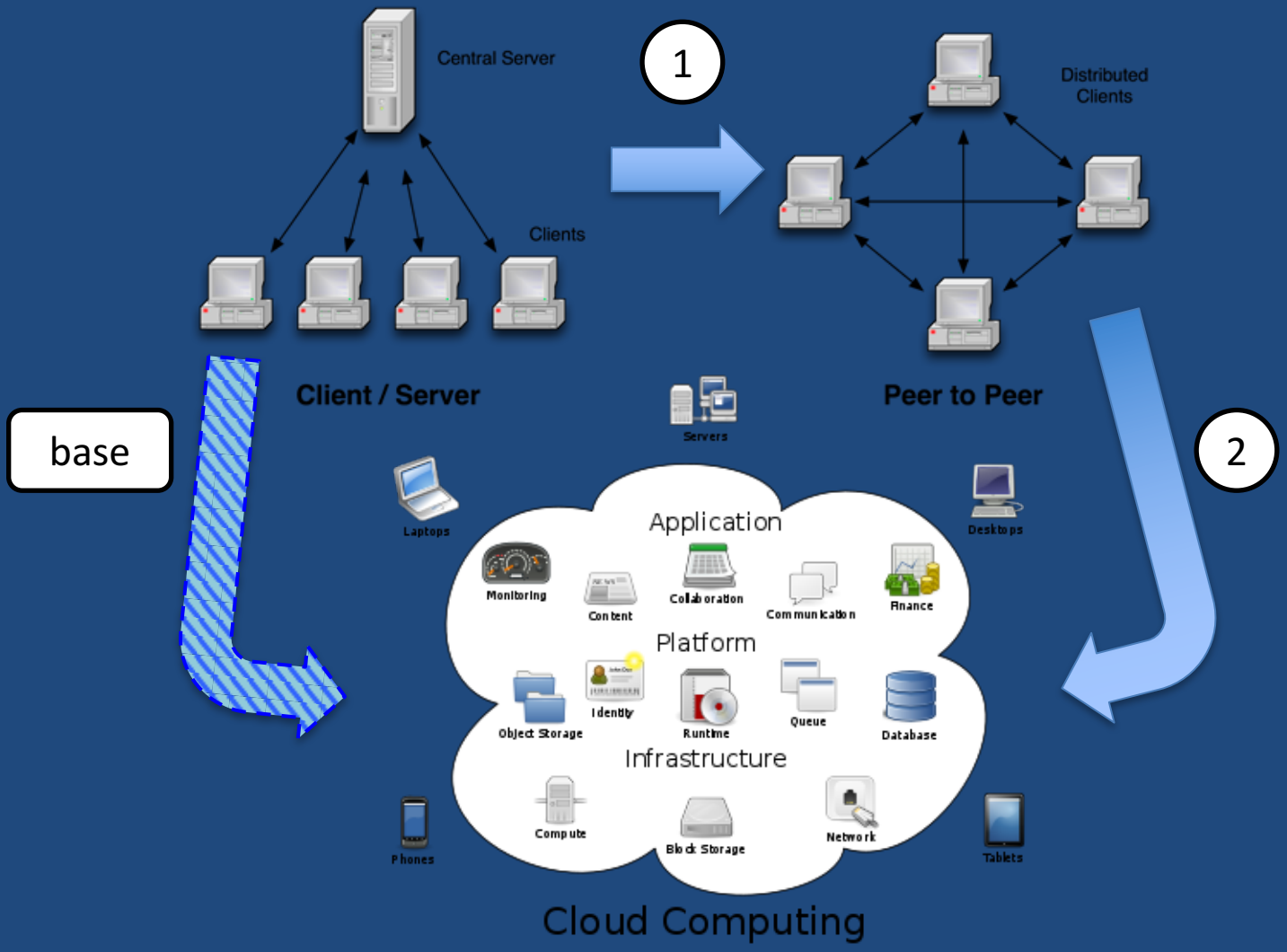
Ou qualquer combinação entre elas !!!



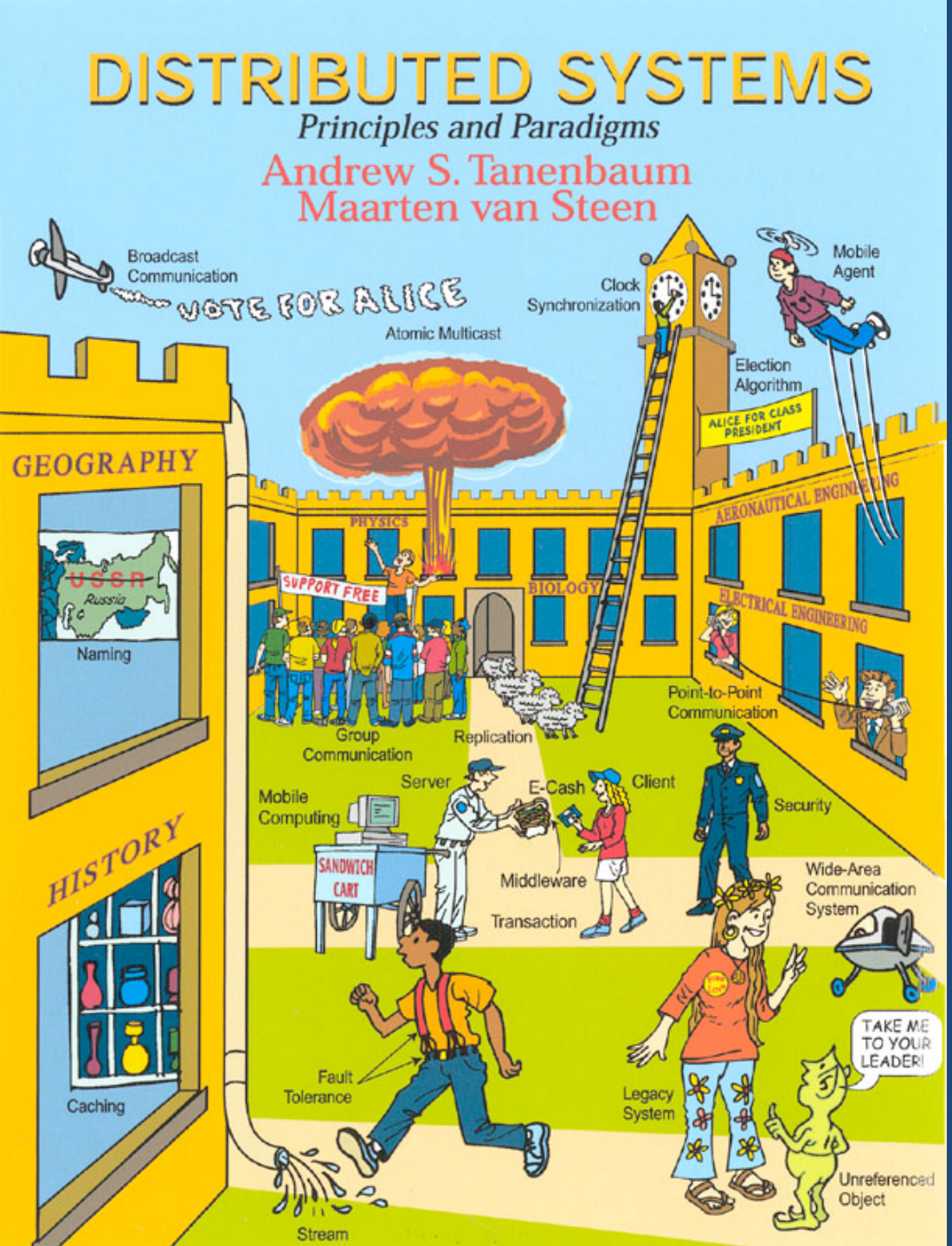




Uma história acelerada da evolução da Computação Distribuída




Computação Móvel
Computação Multimídia
Computação na Nuvem
Computação Ubíqua
.....
Atenção!!!
Você fará parte do desenvolvimento disso
Computação Distribuída



INTRODUÇÃO

Dividir para Conquistar

Definição

Um **sistema distribuído** é aquele no qual componentes localizados em uma rede de computadores se comunicam e coordenam suas ações através da passagem (troca) de mensagens

Coulouris et al., 2012

Características marcantes

Concorrência de componentes

Falta de um relógio global

Componentes falham de forma independente – falha parcial

Tendências-chave

O que move os Sistemas Distribuídos hoje?

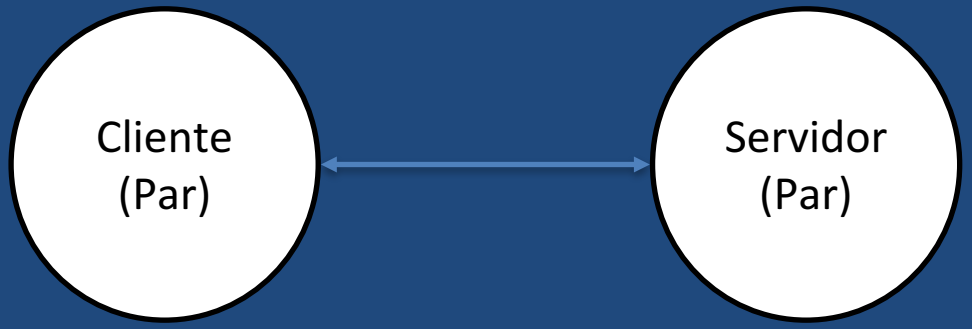
- Pervasividade das redes
  - Computação móvel e ubíqua
  - Importância crescente de sistemas multimídia (distribuídos)
  - Sistemas distribuídos como utilidade (serviço) – Cloud Computing e seus modelos (IaaS, PaaS, SaaS)

Principal motivação: **compartilhamento de recursos**

Compartilhamento de recursos

Passado

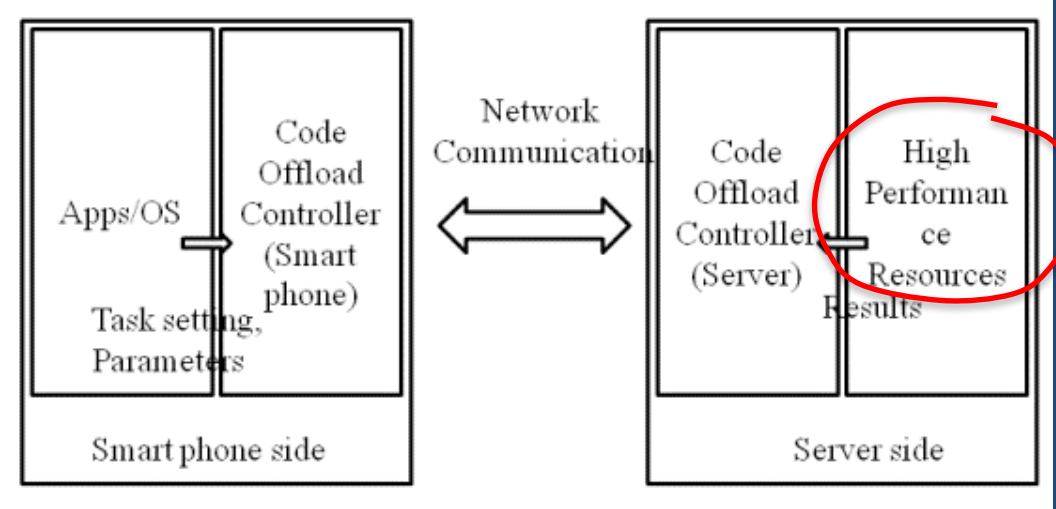
Presente



"Equilíbrio" de recursos (compartilhamento mais "verdadeiro" e justo)

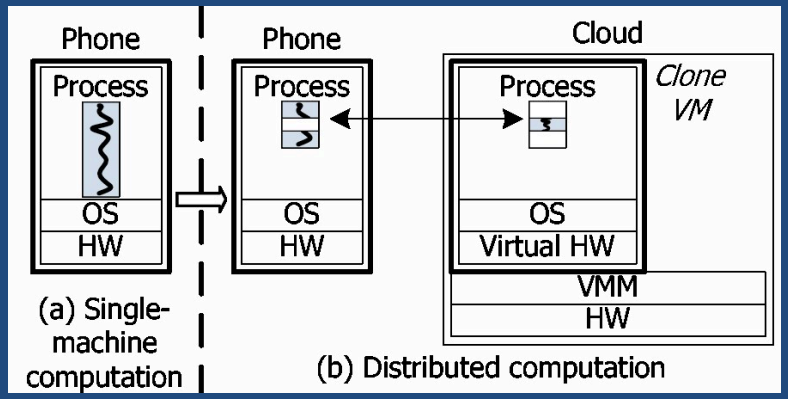
Abundância, mas...

Computation Offloading



MOBILE CLOUD COMPUTING

Como se faz?



Objetivos de um projeto de SD

Eficiência – desempenho produtivo

Robustez – resistência a falha

Disponibilidade: o sistema está no ar quando preciso (instante de tempo)

Confiabilidade: o sistema não falha por um longo período de tempo

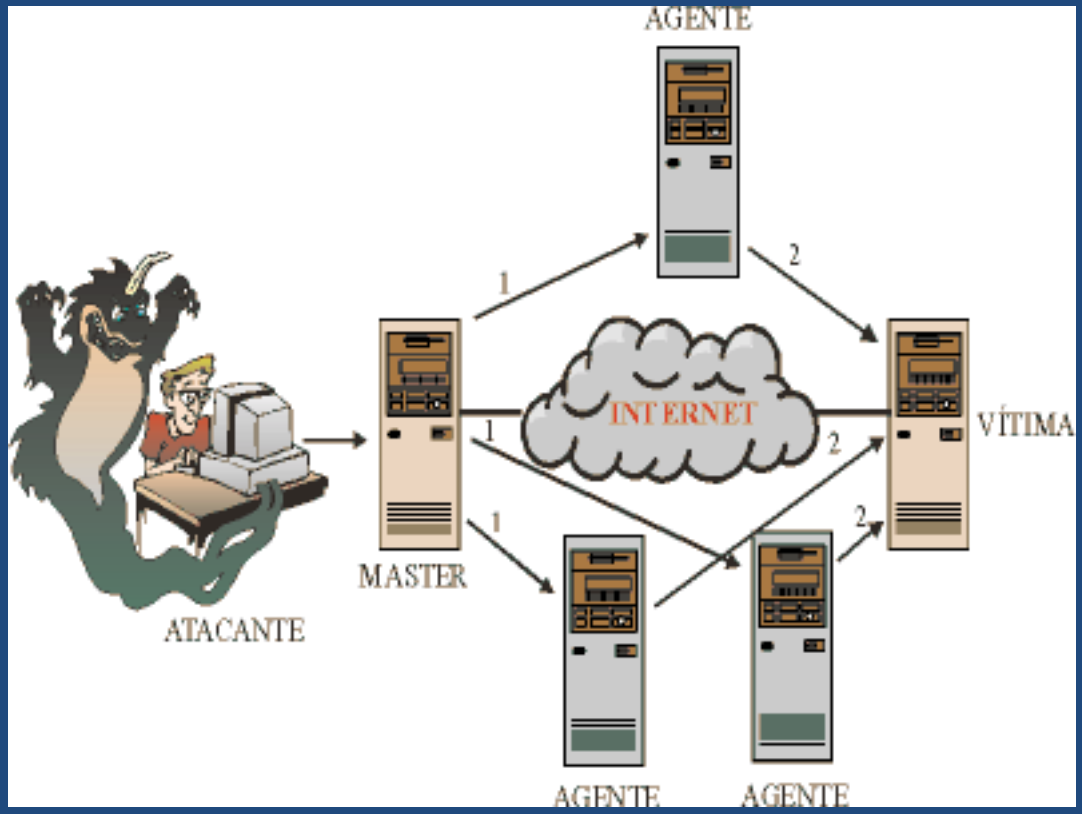
E quando falha, a falha não provoca uma “catástrofe”

Consistência – mesma visão de dados

Objetivo: Eficiência

Para o bem, baseado em paralelismo

Para o mal, DDoS...



Desafios de Sistemas Distribuídas

Heterogeneidade

Abertura

Segurança

Escalabilidade

Tratamento de falha

Concorrência

Transparência

Conceito-chave

Distribuição

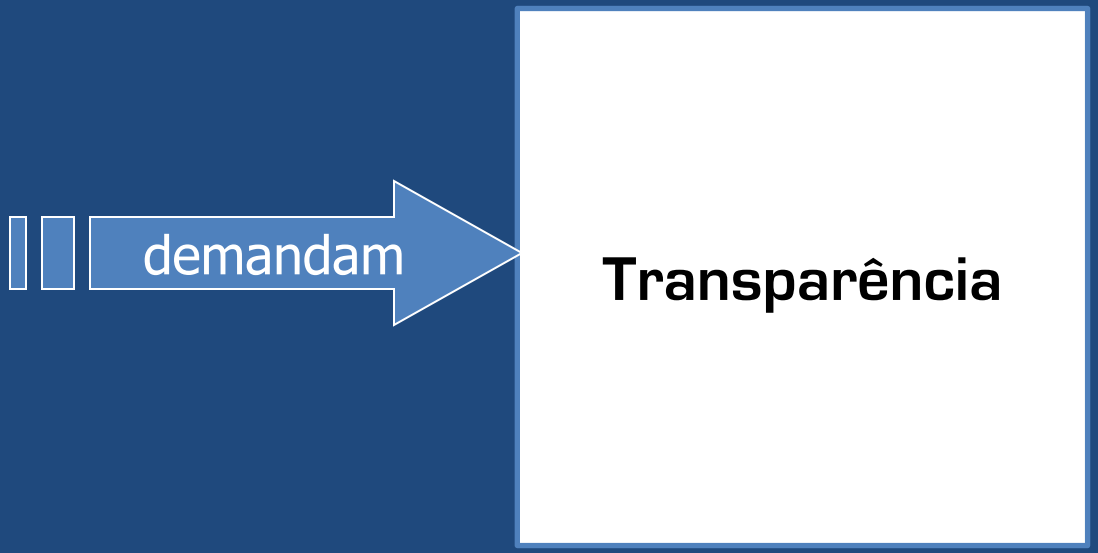
Comunicação

Complexidade

Heterogeneidade

Def.: Um **sistema distribuído** é aquele no qual componentes localizados em uma rede de computadores se comunicam e coordenam suas ações através da passagem (troca) de mensagens

Coulouris et al., 2012



Tipos de Transparência

Localização: esconde onde o recurso está localizado

Acesso: operações idênticas para acesso local e remoto

Migração: esconde que um recurso pode se mover para outra localização

Relocação: esconde que um recurso pode ser movido para outra localização enquanto está em uso

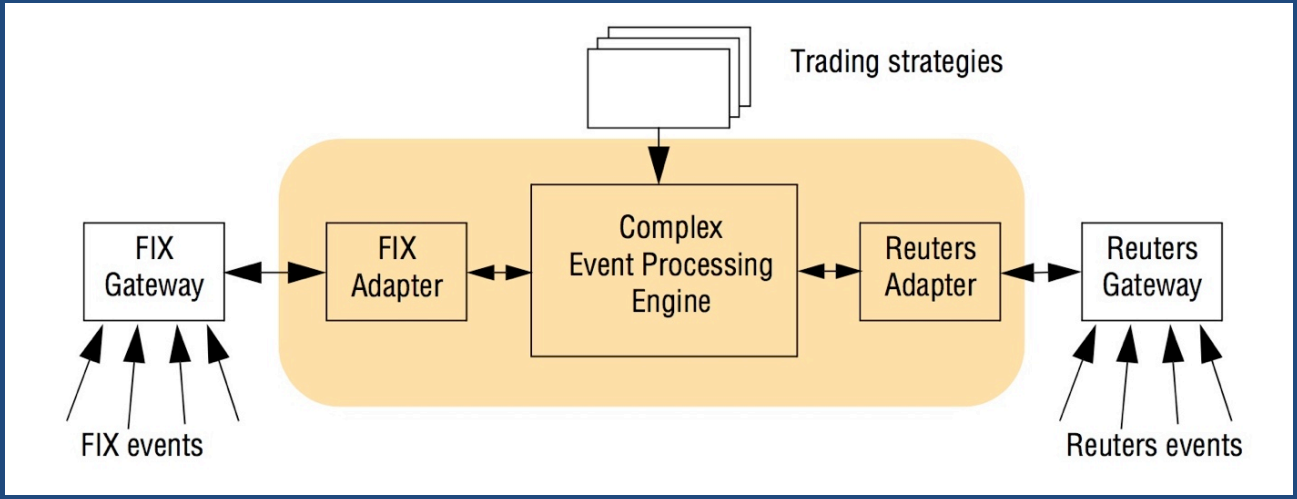
Concorrência: compartilhamento de recursos sem interferência entre processos concorrentes

Falha: esconde a falha e recuperação de um recurso

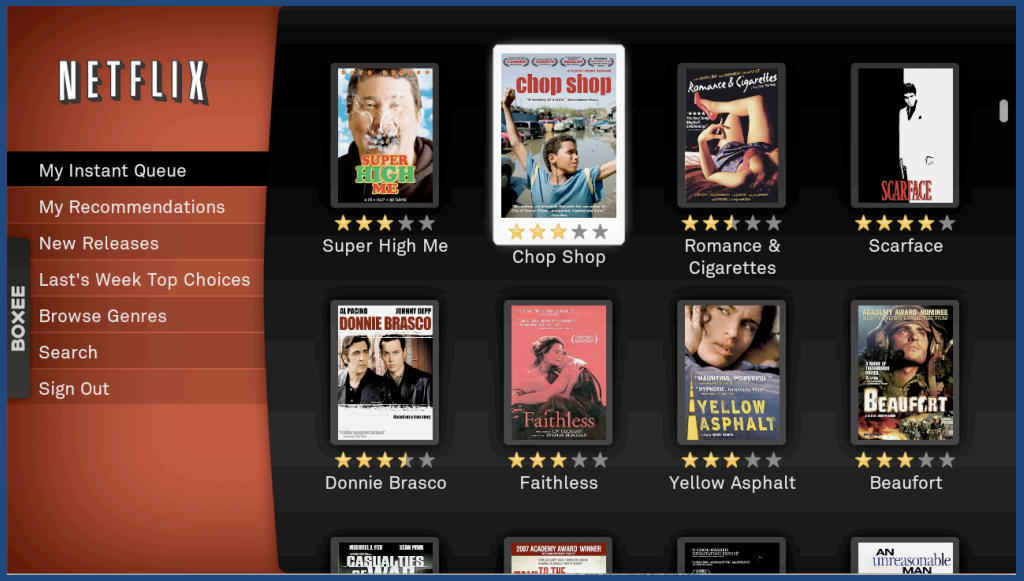
Replicação: esconde de usuários ou programadores de aplicação a existência de réplicas de recursos

Localização + acesso = transparência de rede

Dois exemplos de sistemas distribuídos

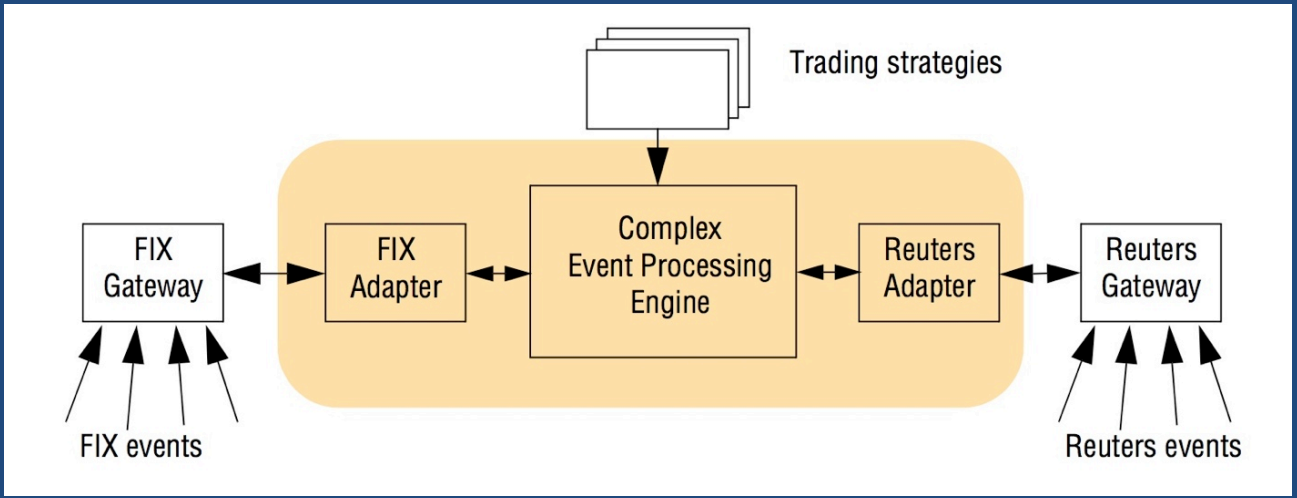


Sistema de Negociação Financeira [Coulouris, Dollimore, Kindberg and Blair, Distributed Systems: Concepts and Design. Edn. 5 © Pearson Education 2012]



Sistemas distribuídos: multimídia

EVENTOS



Acesso em tempo real a **muitas fontes de informação** (ex. Reuters, FIX – Financial Information eXchange), interessantes para **muitos clientes**

Comunicação e processamento de itens de interesse – **eventos**

Sistemas distribuídos baseados em eventos

Fontes de informação em diferentes formatos – **heterogeneidade** → adaptadores para traduzir para formato comum (ex. XDR/RPC)

Diversos fluxos de eventos, chegando a taxas rápidas, muitas vezes requerendo processamento em tempo real – **Complex Event Processing** (CEP): composição de eventos baseada em padrões lógicos, temporais ou espaciais

Transparência de distribuição

```
WHEN
        MSFT price moves outside 2% of MSFT Moving Average
FOLLOWED-BY (
        MyBasket moves up by 0.5%
        AND
                HPQ's price moves up by 5%
                OR
                MSFT's price moves down by 2%
        )
)
ALL WITHIN
        any 2 minute time period
THEN
        BUY MSFT
        SELL HPQ
```

O usuário que escreveu este script não precisa ter noção da ocorrência distribuída de eventos

- Dados e processamento distribuídos

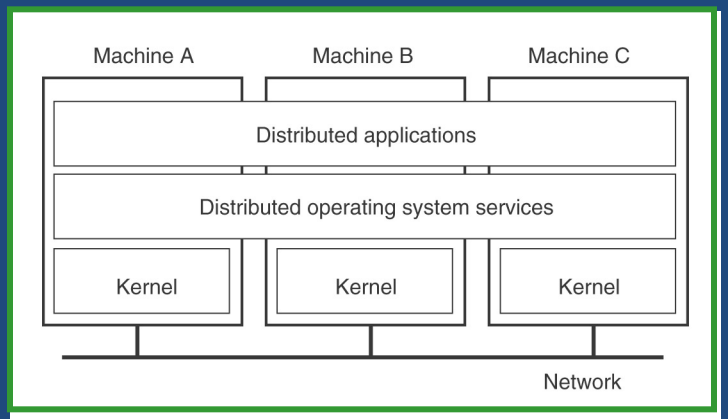
Infra-estruturas de software para Sistemas Distribuídos

Sistemas Operacionais Distribuídos

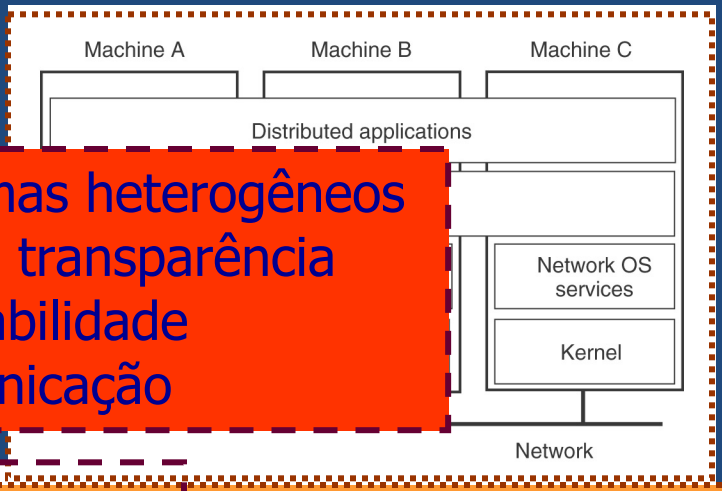
Sistemas Operacionais de Rede

Middleware

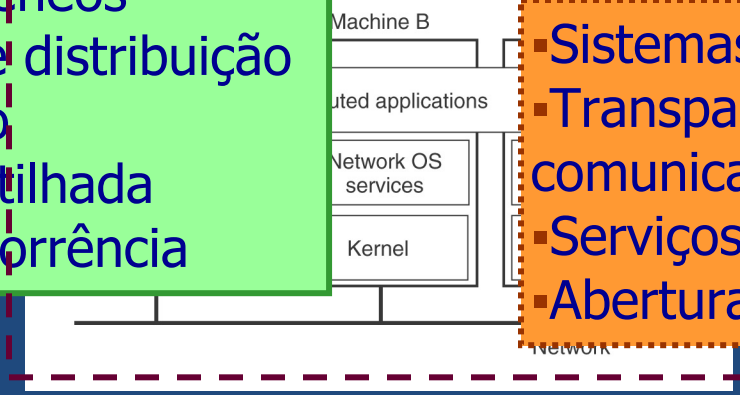
Infra-estruturas para SDs: diferenças de objetivos e abstrações



- Sistemas homogêneos
- Transparência de distribuição
- Alto desempenho
- Memória compartilhada
- Controle de concorrência



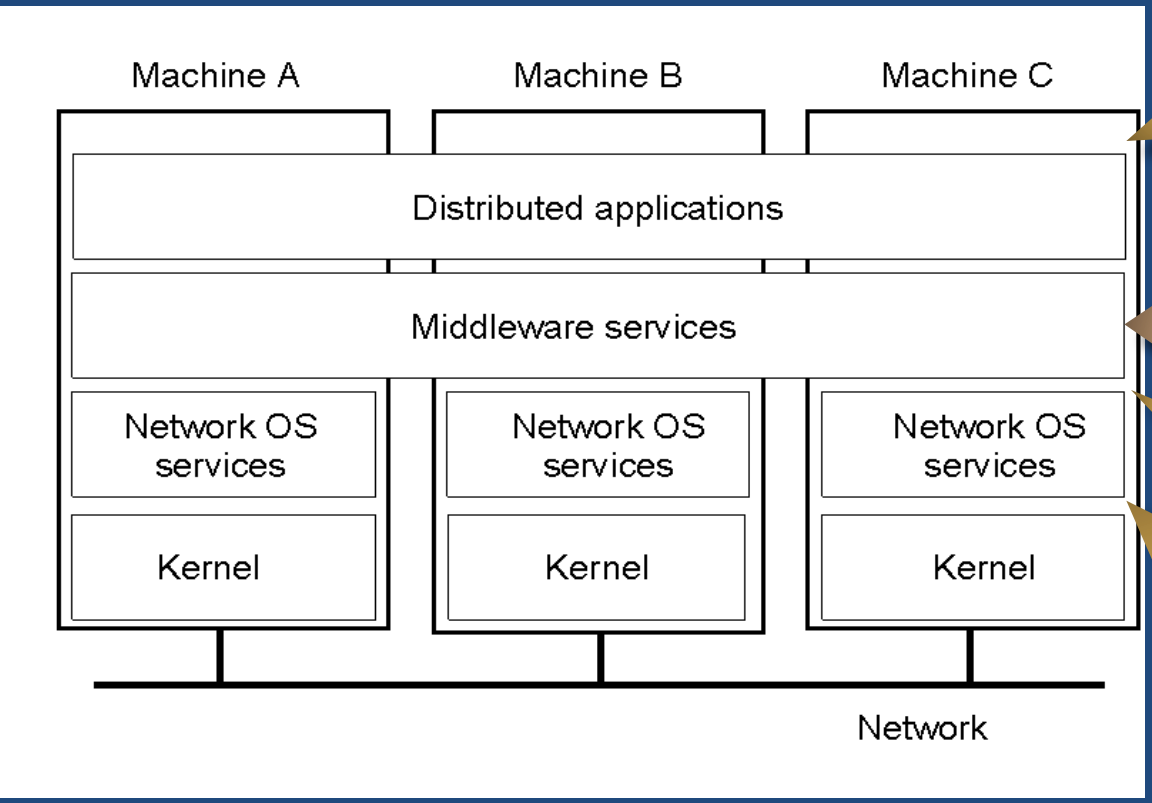
- Sistemas heterogêneos
- Pouca transparência
- Escalabilidade
- Comunicação



- Sistemas heterogêneos
- Transparência de distribuição e comunicação
- Serviços
- Abertura

MIDDLEWARE

Necessidades: quem atende o quê?



- Lógica do negócio

Integração de Sistemas Heterogêneos
Interoperabilidade destes sistemas
Portabilidade

- Comunicação

Uso e gerência de recursos de hardware:
- CPU
- Memória
- I/O

Middleware: definição

um conjunto reusável, expansível de serviços e funções ...

que são comumente necessários por parte de várias aplicações distribuídas ...

para funcionarem bem em um ambiente de rede

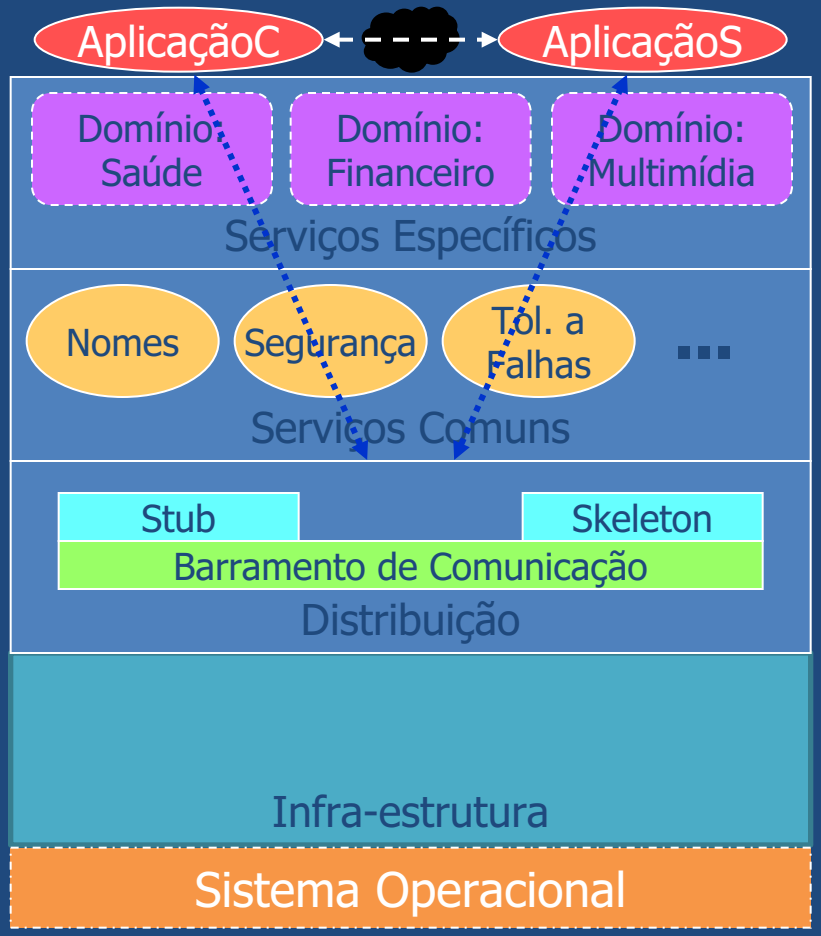
Infra-Estrutura de SW para SDs

Middleware: Arquitetura Básica em Camadas

Middleware: coleção de serviços (serviços de middleware) fornecidos através de interfaces padrões (APIs) – visão "unificada" de redes e engenharia de software, respectivamente
+ formado sobre camadas de infra-estrutura

modelos de programação, onde a comunicação é abstraída, por ex. – ORB CORBA, incluindo RPC

abstrai as peculiaridades dos sistemas operacionais, encapsulando e melhorando os mecanismos de concorrência, por ex. – ex. JVM



Middleware “Tradicional”

- Message-Oriented Middleware (MOM)
- Transaction Processing Monitors (TPMON)
  - Forte associação com acesso distribuído a BD
  - Propriedades “ACID”
- Remote Procedure Calls (RPC)
- Object-Oriented Middleware (ORB, ...)

INVOCAÇÃO REMOTA E COMUNICAÇÃO INDIRETA

RPC, RMI

Pub-Sub, Filas de Mensagens

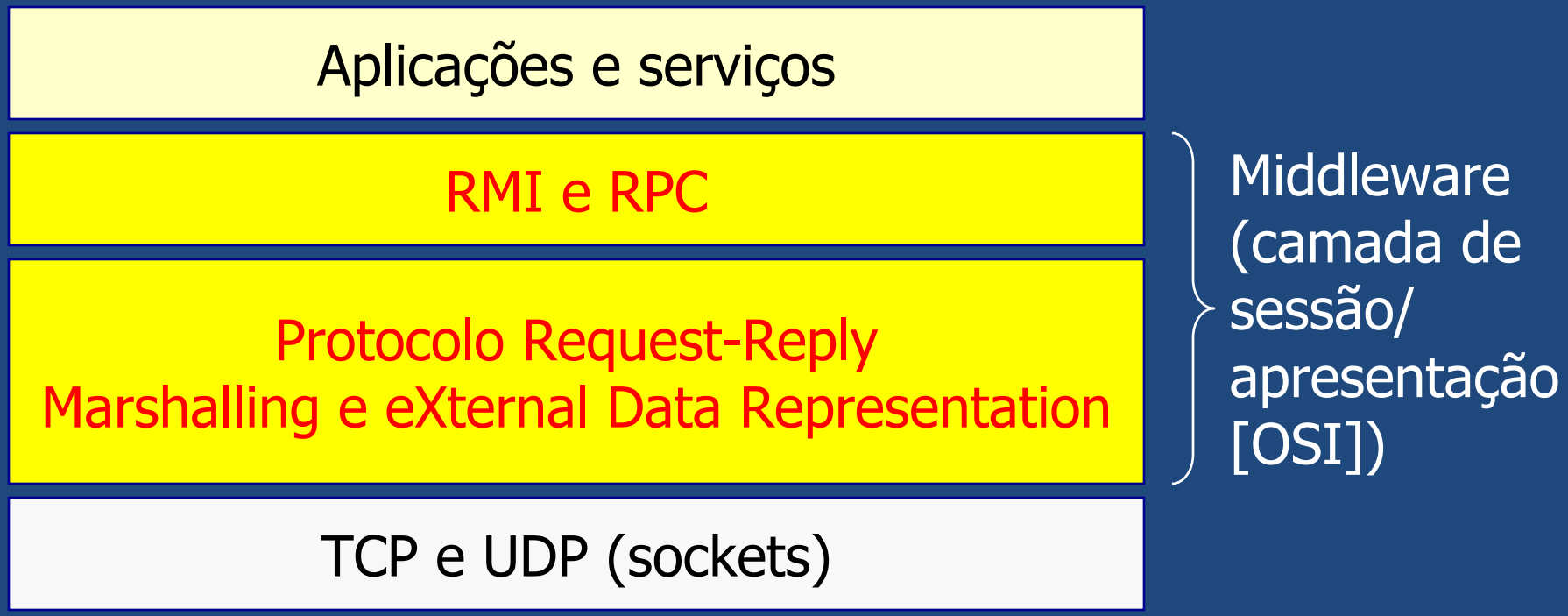
```
// quase Java....
class HelloWorld {
    // método local
    public void sayHello() {
        print("Hello World!");
    }
    // programa principal
    public static void main(String[] args) {
        new HelloWorld().sayHello();
    }
}
```

```
public class HelloWorld {
  public HelloWorld ( String name ) {
    Naming.rebind( name, this );
  }
  // método remoto
  public String sayHello () {
    return "Hello World!";
  }
}
public class HelloWorldServer {
  public static void main(String[] args) {
    HelloWorld object = new HelloWorld( "Hello" );
  }
}
```

```
public class HelloWorldClient {

  public static void main(String[] args) {
      // conexão
      HelloWorld hello_server = (HelloWorld)Naming.lookup("rmi://hostB/Hello");
      // chamada remota
      print( hello_server.sayHello() );
  }
}
```

Camadas


Aplicações e serviços
RMI e RPC
Protocolo Request-Reply
Marshalling e eXternal Data Representation
TCP e UDP (sockets)
Middleware (camada de sessão/ apresentação [OSI])

Transmissão de dados

Dados em programas são estruturados

Enquanto isso, mensagens carregam informação sequencial:

Linearização/Restauração de dados

Heterogeneidade na representação de dados em computadores

Uso de um formato externo comum

Inclusão de uma identificação de arquitetura na mensagem

Marshalling/Unmarshalling

Marshalling:

Linearização de uma coleção de itens de dados estruturados

Tradução dos dados em formato externo (ex: XDR – eXternal Data Representation)

Unmarshalling:

Tradução do formato externo para o local

Restauração dos itens de dados de acordo com sua estrutura

Chamada de Procedimentos Remotos

Remote Procedure Call (RPC)

Ideal: programar um sistema distribuído como se fosse centralizado

RPC objetiva permitir chamada de procedimento remoto como se fosse local, ocultando entrada/saída de mensagens

RPC: considerações em função da distribuição

evitar passagem de endereço e variáveis globais

novos tipos de erros

Ex.: tratamento de exceções

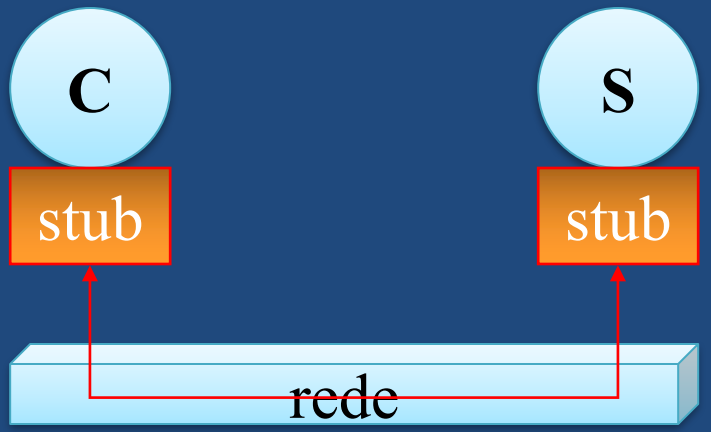
Se `atraso de comunicação` ➡ timeout

RPC: processamento de interface

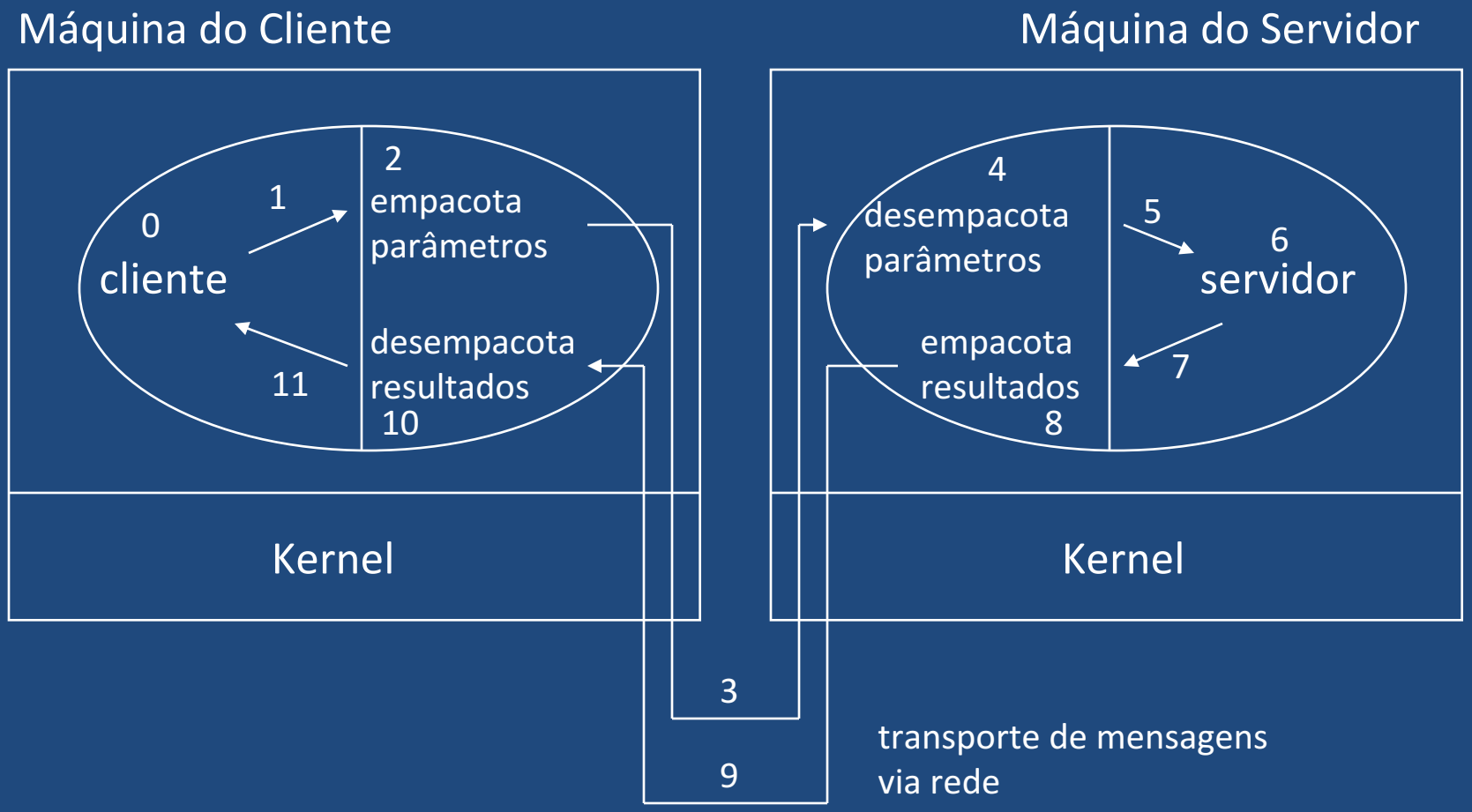
Objetivo: integração dos mecanismos de RPC com os programas cliente e servidor escritos em uma linguagem de programação convencional

Stubs (no cliente e no servidor): **transparência de acesso**

- tratamento de algumas exceções no local
- marshalling
- unmarshalling



Chamadas e mensagens em RPC



Funções dos Stubs

Client stub

1. intercepta a chamada
2. empacota os parâmetros (marshalling)
3. envia mensagem de request ao servidor (através do núcleo)

Server stub

4. recebe a mensagem de request (através do núcleo)
5. desempacota os parâmetros (unmarshalling)
6. chama o procedimento, passando os parâmetros
7. empacota o resultado
8. envia mensagem de reply ao cliente (através do núcleo)

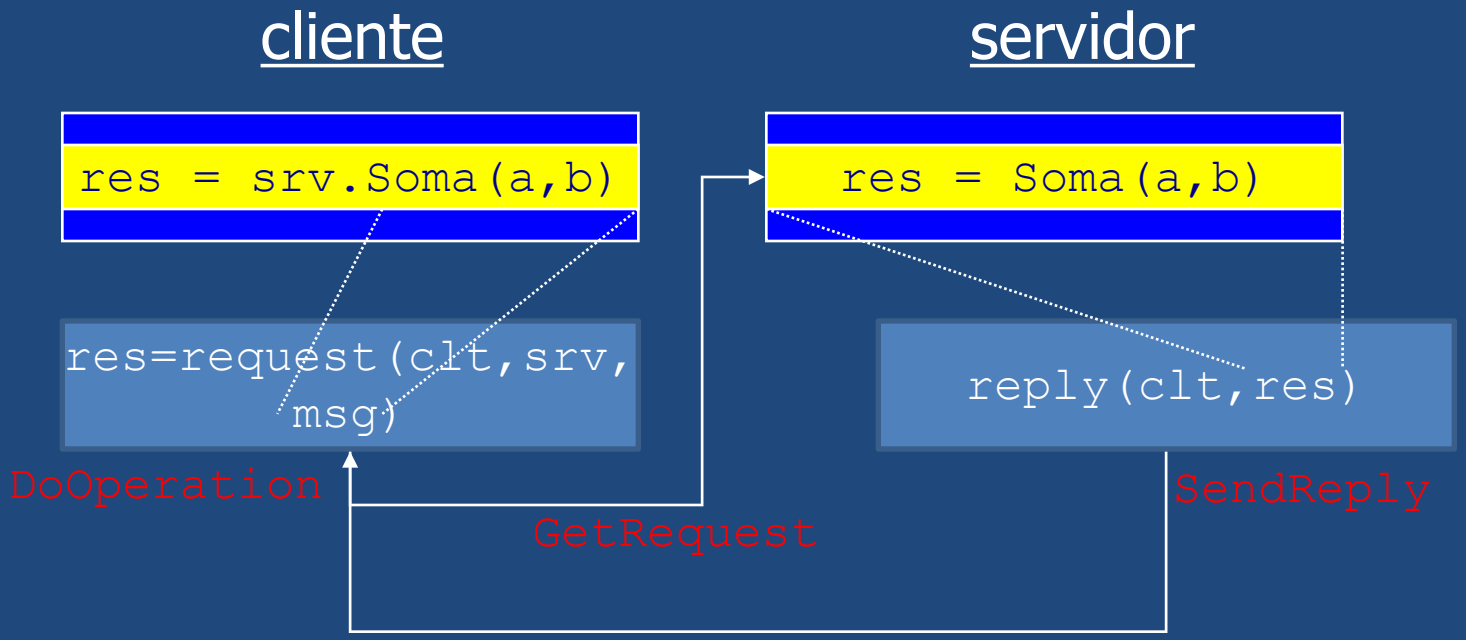
Client stub

9. recebe a mensagem de reply (através do núcleo)
10. desempacota o resultado
11. passa o resultado para o cliente

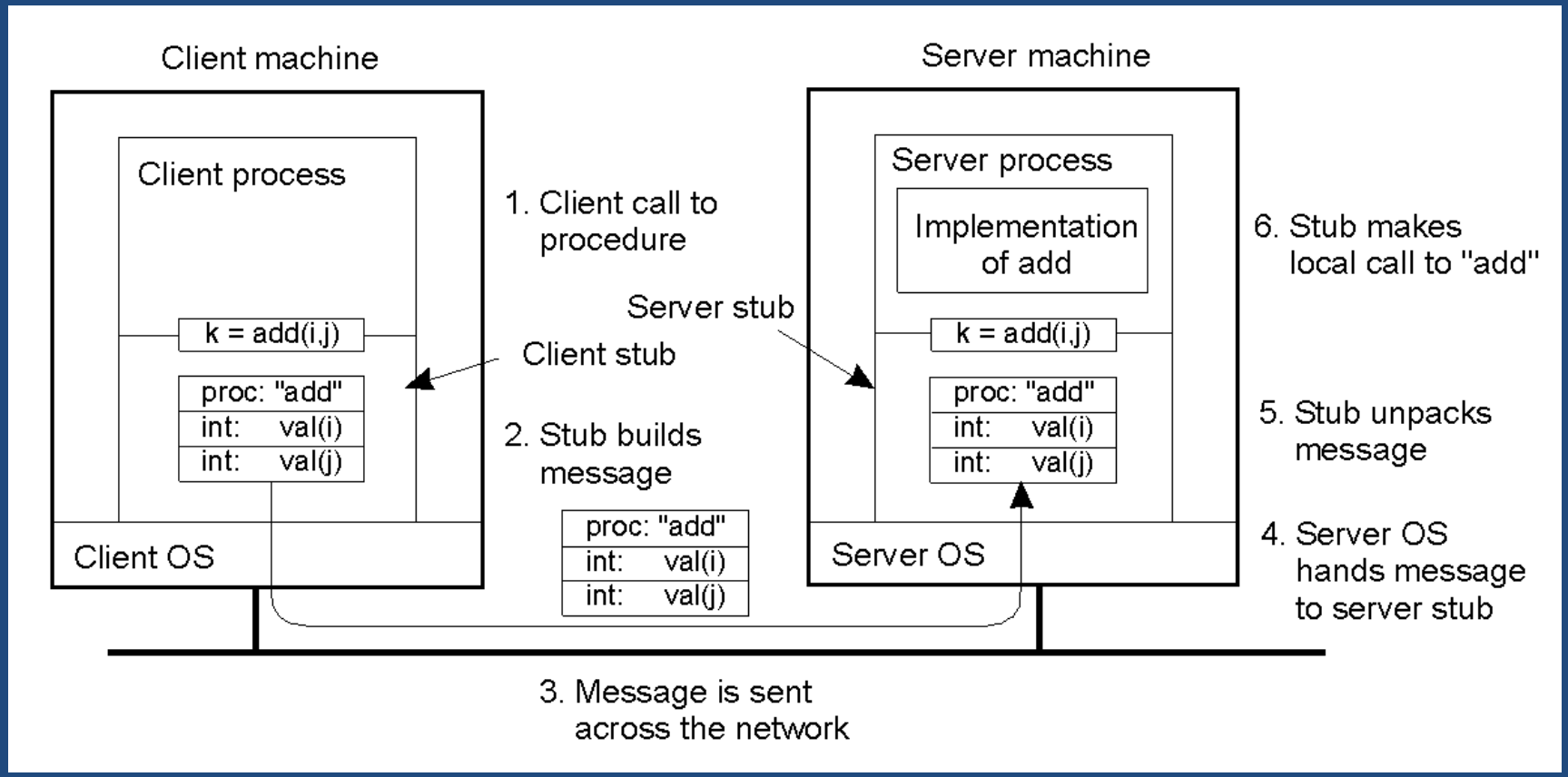
RPC: tratamento da comunicação

Módulo de comunicação usa protocolo pedido-resposta / request-reply para troca de mensagens entre cliente e servidor

Mensagem de aplicação encapsulada em um request/reply



RPC: Passagem de Parâmetros



RPC: ligação
(antes da comunicação...)

O mecanismo possui um binder para resolução de nomes, permitindo

- Ligação dinâmica

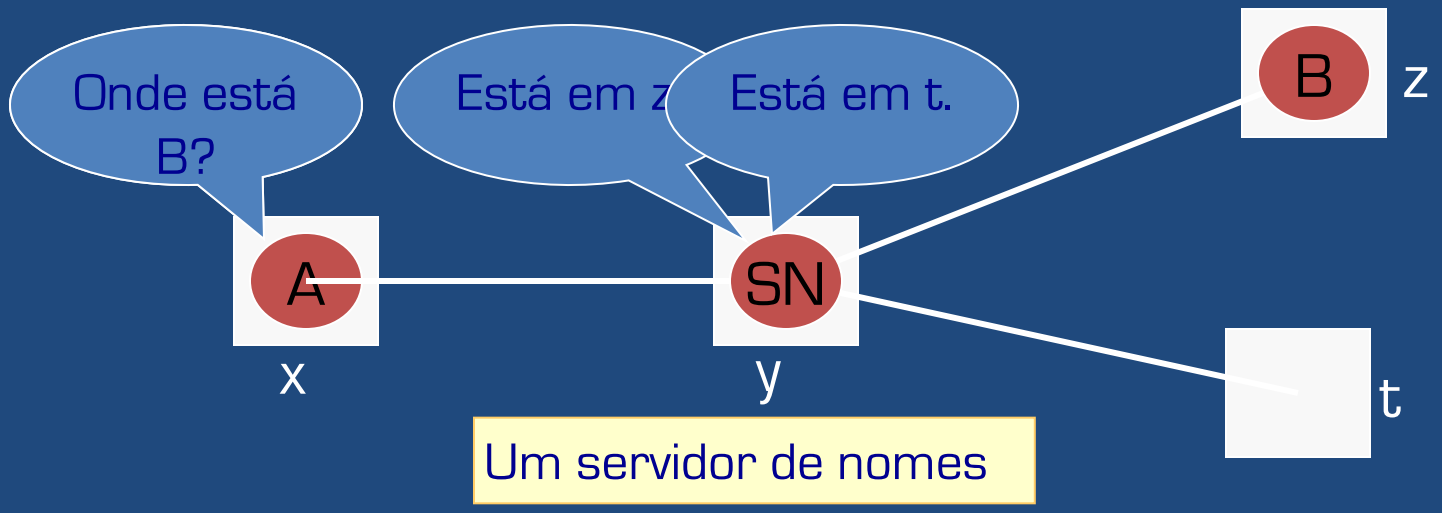
- Transparência de localização

Ligação Dinâmica e Nomes

Nomes podem ser a solução, mas na realidade os endereços físicos é que são necessários...

Daí, faz-se necessário mapear nomes em endereços... como serviço

Geralmente, algum agente intermediário tem este papel específico de resolvedor de nomes



Servidores de Nomes

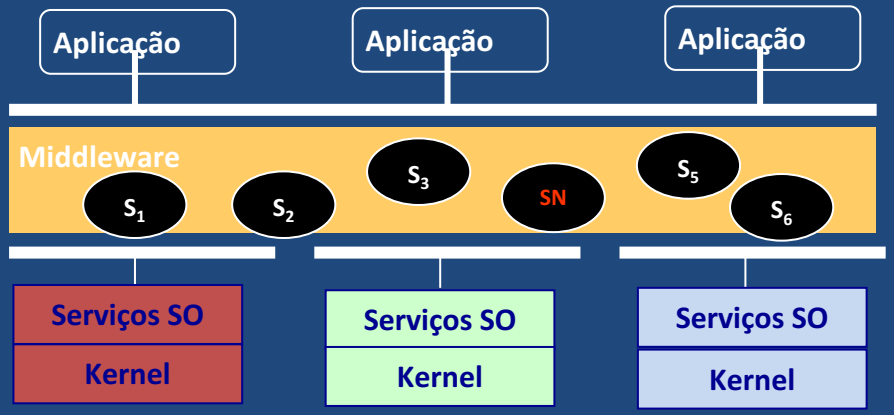
Os servidores de nomes, com este papel de mapeamento de nomes para endereços, contribuem para implementar a

Transparência de localização

Os servidores de nomes são serviços executados no ambiente de suporte a aplicações distribuídas

Exs:

- Rmiregistry: JavaRMI
- tnameserv: CORBA (JDK)



Exemplo: Servidor

```
import java.rmi.Naming;
public class CalculatorServer {

    public CalculatorServer() {
        try {
            Calculator c = new CalculatorImpl();
            Naming.rebind("rmi://localhost:1099/CalculatorService", c);
        } catch (Exception e) {
            System.out.println("Trouble: " + e);
        }
    }
    public static void main(String args[]) {
        new CalculatorServer();
    }
}
```

1 Importa Serviço de Nomes do Middleware Java RMI (*Remote Method Invocation*);

2 Cria referência do serviço a oferecer;

Registra (exporta) referência "c" com nome "...CalculatorService" no servidor de nomes.

Exemplo: Cliente

```
import java.rmi.Naming;
...
public class CalculatorClient {
    public static void main(String[] args) {
        try {
            Calculator c = (Calculator) Naming.lookup( "rmi://localhost
                                                        /CalculatorService");
            System.out.println( c.sub(4, 3) );
            System.out.println( c.add(4, 5) );
            System.out.println( c.mul(3, 6) );
            System.out.println( c.div(9, 3) );
        }
        catch ...
```

Procura (importa) no servidor de nomes o endereço do servidor usando o seu nome.

3

4

Obtido o endereço, o cliente está ligado (conectado) ao servidor e passa a chamar as operações do serviço.

Objetivos de serviços de nomes

Ser escalar

Ter um longo tempo de vida

Ser altamente disponível

Ter isolamento de falhas

Tolerar desconfiança

COMPUTAÇÃO DISTRIBUÍDA

Conclusões

Características marcantes

Concorrência de componentes – possibilidade de paralelismo

Compartilhamento de recursos

Componentes falham de forma independente – falha parcial