UNIVERSIDADE DE ÉVORA

Sistemas Operativos II

Modelos: Físico, de Arquitetura e de Análise Fundamental

Abstrações

- Abstrações são familiares ao programador
  - Ajudam a simplificar um problema
  - Vários níveis
  - Os níveis superiores usam interfaces para as operações de níveis inferiores

- A distribuição tem implicações
  - Ausência de memória partilhada
  - Ausência de relógio global…
  - Concorrência
  - Falhas
  - Dificuldades de coordenação

- Modelo: especificação dos aspetos relevantes, um conjunto de pressupostos sobre o contexto e funcionamento de um sistema

Modelo Físico

- Modelo Físico
  - Representação da camada de hardware onde assenta todo o sistema distribuído
    - Identifica os diferentes computadores e outros dispositivos pertencentes ao sistema e o modo como estes estão interligados
    - Sem detalhes de tecnologia
  - Modelo físico mínimo
    - Conjunto (extensível) de computadores (os nós), interligados por rede
- Gerações de Modelos
  - Iniciais
    - redes locais, PCs e impressoras...
  - Escala global / Era da Web
    - desde 1990's; redes de redes; PCs e servidores (fixos)
  - Contemporâneo
    - nós podem ser notebooks o smartphones; mobilidade

Dificuldade e ameaças nos SD

- variados modos de utilização
  - distintas necessidades
    - capacidade de processamento
    - volume de informação
- grande variedade de ambientes
  - heterogeneidade de hardware, sistemas operativos, redes e respectivos protocolos...
- problemas internos
  - sincronização de relógios, falhas de hardware ou software, incoerência decorrente da concorrência
- problemas externos
  - ataques à integridade, confidencialidade, *denial of service*

Gerações de Sistemas Distribuídos

Distributed systems:	*Early*	*Internet-scale*	*Contemporary*
Scale	Small	Large	Ultra-large
Heterogeneity	Limited (typically relatively homogenous configurations)	Significant in terms of platforms, languages and middleware	Added dimensions introduced including radically different styles of architecture
Openness	Not a priority	Significant priority with range of standards introduced	Major research challenge with existing standards not yet able to embrace complex systems
Quality of service	In its infancy	Significant priority with range of services introduced	Major research challenge with existing services not yet able to embrace complex systems

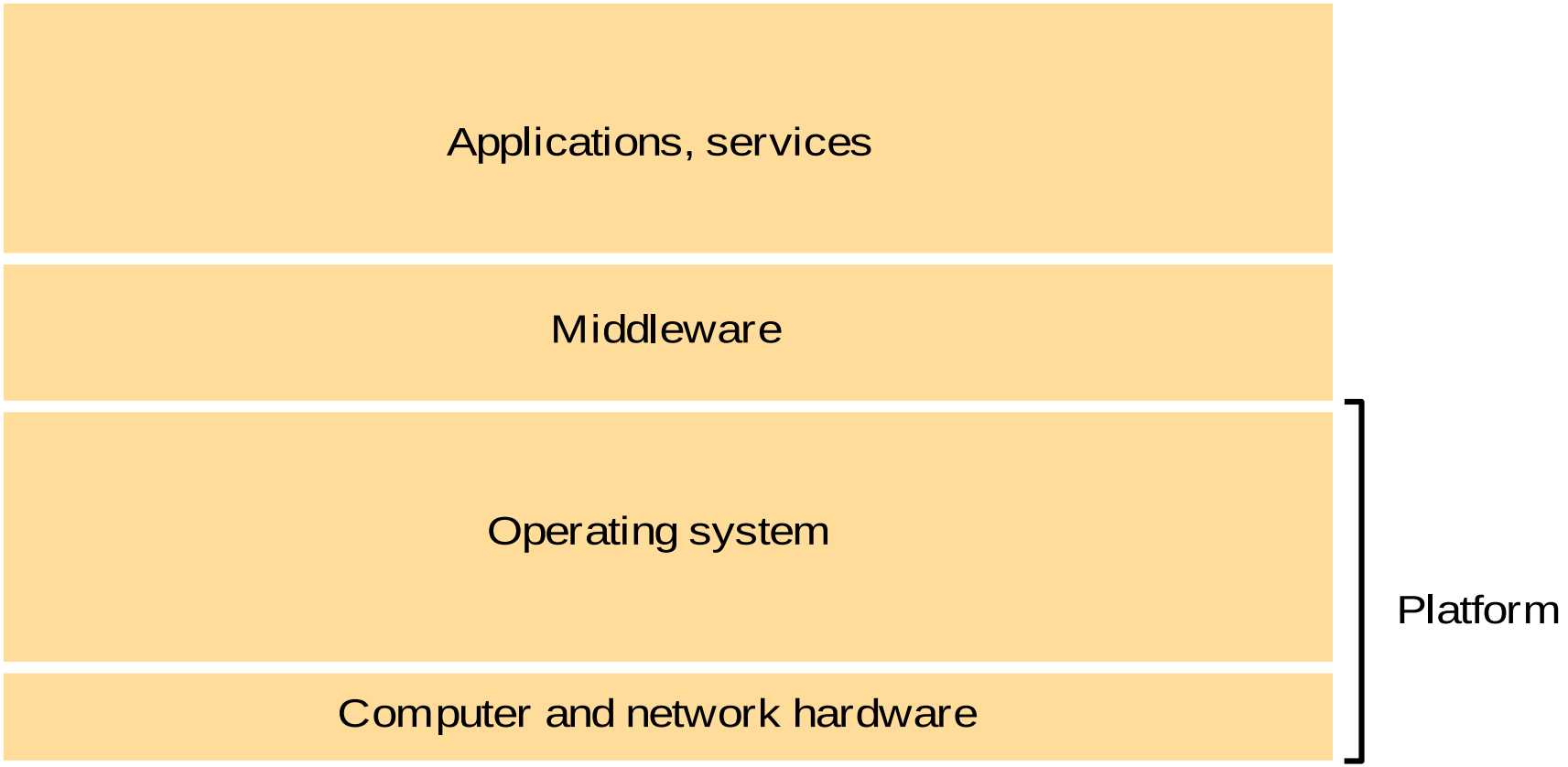
Outros Modelos

- Modelos de Arquitetura
  - modelo *client-server*
    - *variantes*
  - modelo *peer process*
  - modelos de camadas *two-tier* e *three-tier*

- Modelos de Análise Fundamental
  - modelo de interação
  - modelo de falha
  - modelo de segurança

Camadas nos SD

cada camada fornece um conjunto de serviços à camada superior, escondendo os detalhes do nível abaixo



Categorias de Middleware

Major categories:	*Subcategory*	*Example systems*
Distributed objects (Chapters 5, 8)	Standard	RM-ODP
	Platform	CORBA
	Platform	Java RMI
Distributed components (Chapter 8)	Lightweight components	Fractal
	Lightweight components	OpenCOM
	Application servers	SUN EJB
	Application servers	CORBA Component Model
	Application servers	JBoss
Publish-subscribe systems (Chapter 6)	-	CORBA Event Service
	-	Scribe
	-	JMS
Message queues (Chapter 6)	-	Websphere MQ
	-	JMS
Web services (Chapter 9)	Web services	Apache Axis
	Grid services	The Globus Toolkit
Peer-to-peer (Chapter 10)	Routing overlays	Pastry
	Routing overlays	Tapestry
	Application-specific	Squirrel
	Application-specific	OceanStore
	Application-specific	Ivy
	Application-specific	Gnutella

Entidades em Comunicação, num SD

- Perspetiva orientada ao sistema
  - **Processos**
  - ***Threads***
  - Eventualmente sensores e outros dispositivos; outros **nós**.
- Perspetiva orientada ao problema, a perspetiva da **programação**
  - Objetos
  - Componentes (CORBA, EJB)
    - Mecanismos parecidos aos objetos; oferecem uma abstração para implementar sistemas; baseados numa API; com algumas vantagens face ao manuseamento direto/convencional de objetos
  - *Web Services*
    - Outro paradigma para implementação de sistemas distribuídos, que recorre a protocolos e normas de internet, onde uma aplicação é identificada pelo URI

Paradigmas de Comunicação, entre entidades no SD

- **IPC**
  - Comunicação com API de baixo nível
  - Exemplos: comunicação baseada em sockets, com API do Soperativo
- **Invocação Remota**
  - Execução remota de processo ou método
    - Protocolos Request-Reply
    - RPC
    - RMI
- **Comunicação Indireta**
  - Comunicação em grupo (um para vários; *multicast*)
  - *Publish-subscribe* (um para muitos)
  - *Message Queues* (um para muitos, mas ponto a ponto; fila entre produtor e consumidor)
  - *Distributed shared memory* (DSM): abstração para partilha de dados entre processos que não partilham a mesma memória física

Agentes de comunicação e paradigmas de comunicação

Communicating entities (what is communicating)		*Communication paradigms (how they communicate)*		
System-oriented entities	*Problem-oriented entities*	*Interprocess communication*	*Remote invocation*	*Indirect communication*
Nodes	Objects	Message passing	Request-reply	Group communication
Processes	Components	Sockets	RPC	Publish-subscribe
	Web services	Multicast	RMI	Message queues
				Tuple spaces
				DSM

Arquitetura do Sistema

- O sucesso com que se satisfazem as necessidades atuais e futuras depende da arquitetura do sistema

- Preocupações:
  - fiabilidade
  - permitir a configuração do sistema (adaptabilidade)
  - rentabilidade

Arquitetura do Sistema

- Modelo de Arquitetura (*Architectural Model*) de um SD:
  - Descreve o sistema em termos das tarefas computacionais e comunicação desempenhadas por cada elemento
    - **Elemento**: computador; ou conjunto de computadores interligados

➔ Definir a disposição dos componentes individuais de um sistema numa rede de computadores e o modo como interagem entre si

1. simplifica e abstrai o papel de cada componente individual
2. considera a disposição dos componentes pela rede
   - identificar distribuição de dados e locais onde se requer grande quantidade de trabalho/processamento) (*workload/carga*)
3. relações entre os componentes
   - do ponto de vista do papel funcional que desempenham
   - comunicações que estabelecem

Arquitetura do Sistema

- Simplificação inicial do papel de cada componente:
  - classificar os processos como:
    - *server*
    - *client*
    - *peer processes:* processos que cooperam e comunicam de forma simétrica para realizar uma tarefa (usualmente de interesse comum)
  - esta classificação facilita a percepção:
    - responsabilidades dos componentes
    - locais de *workload* (carga)
  - ajustes para alcançar fiabilidade e eficiência

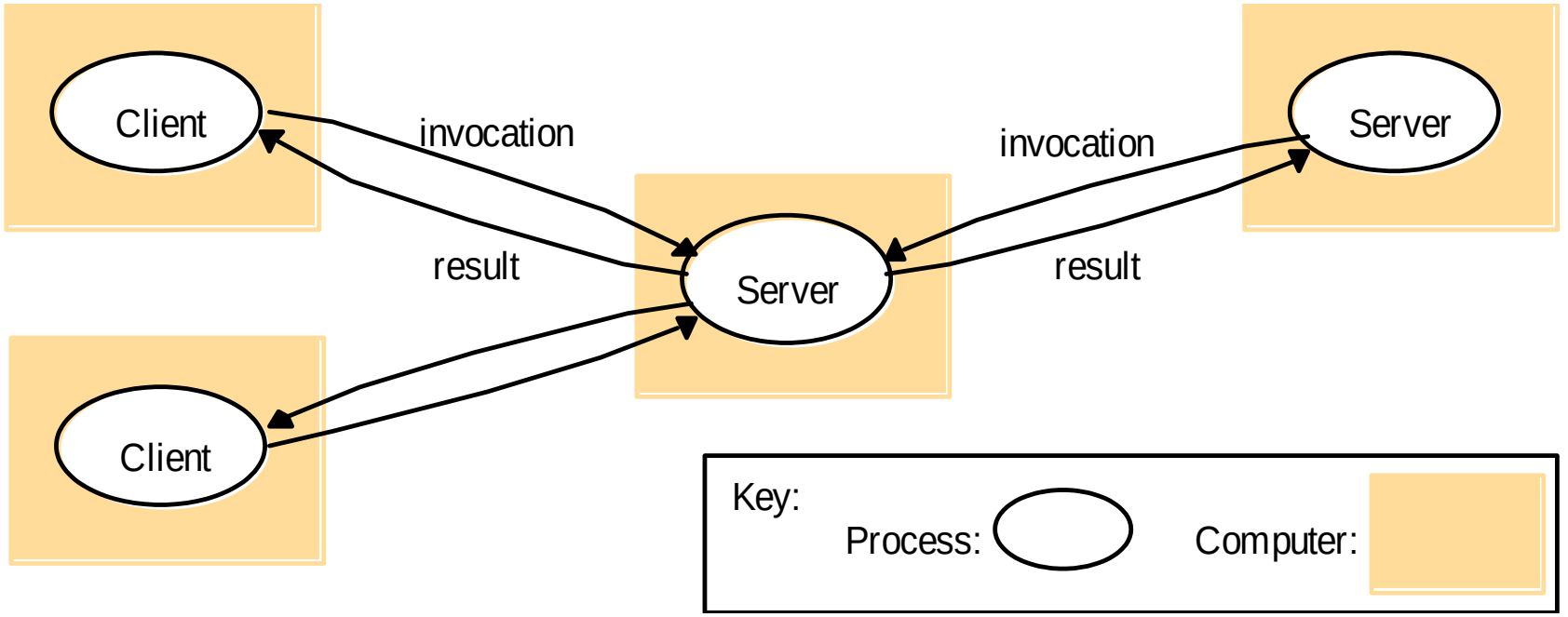
Modelos na Arquitetura de SD

- cliente-servidor
- variantes do modelo cliente-servidor
  - divisão ou replicação dos dados em sistemas de múltiplos servidores
  - caching de dados por clientes ou *proxy servers*
  - código móvel e agentes móveis
- *peer processes*
- *two-tier* e *three-tier*

Modelo Cliente-Servidor

Clientes invocam um servidor

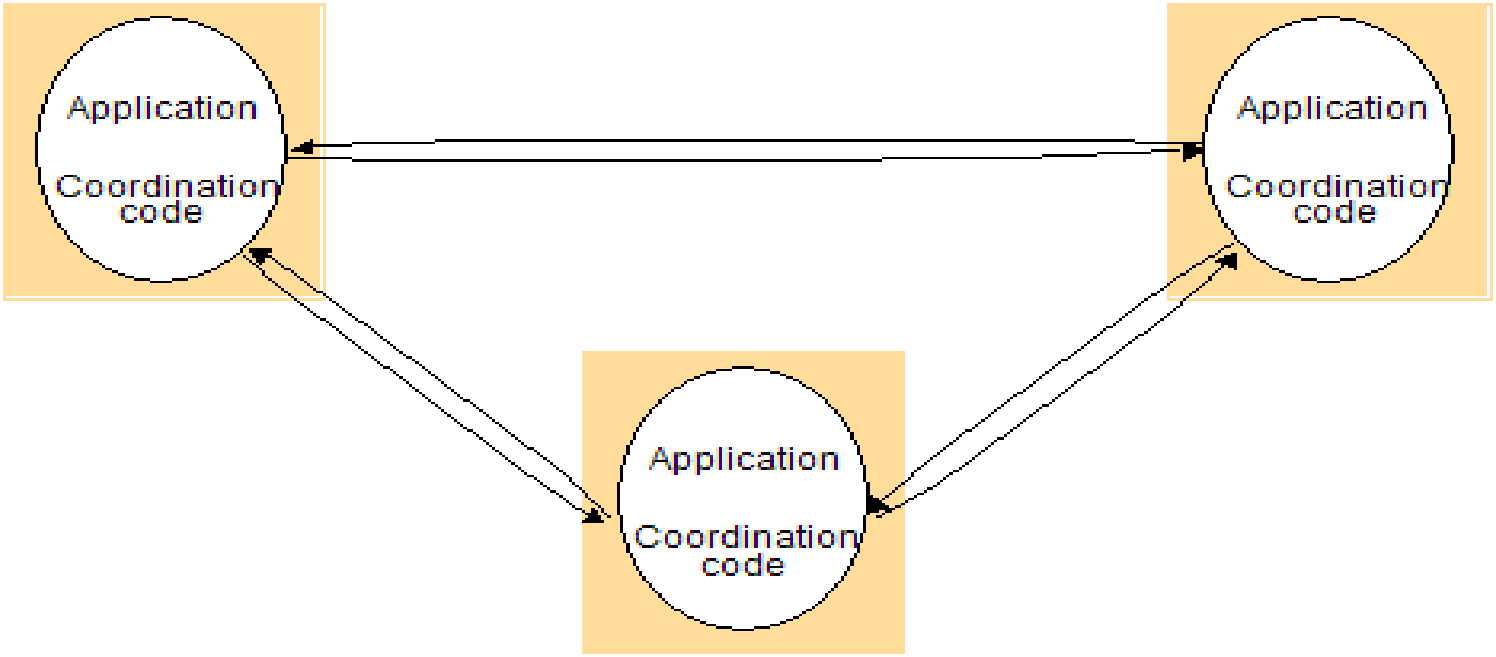
-o servidor pode também assumir o papel de cliente para ligar-se a outro servidor



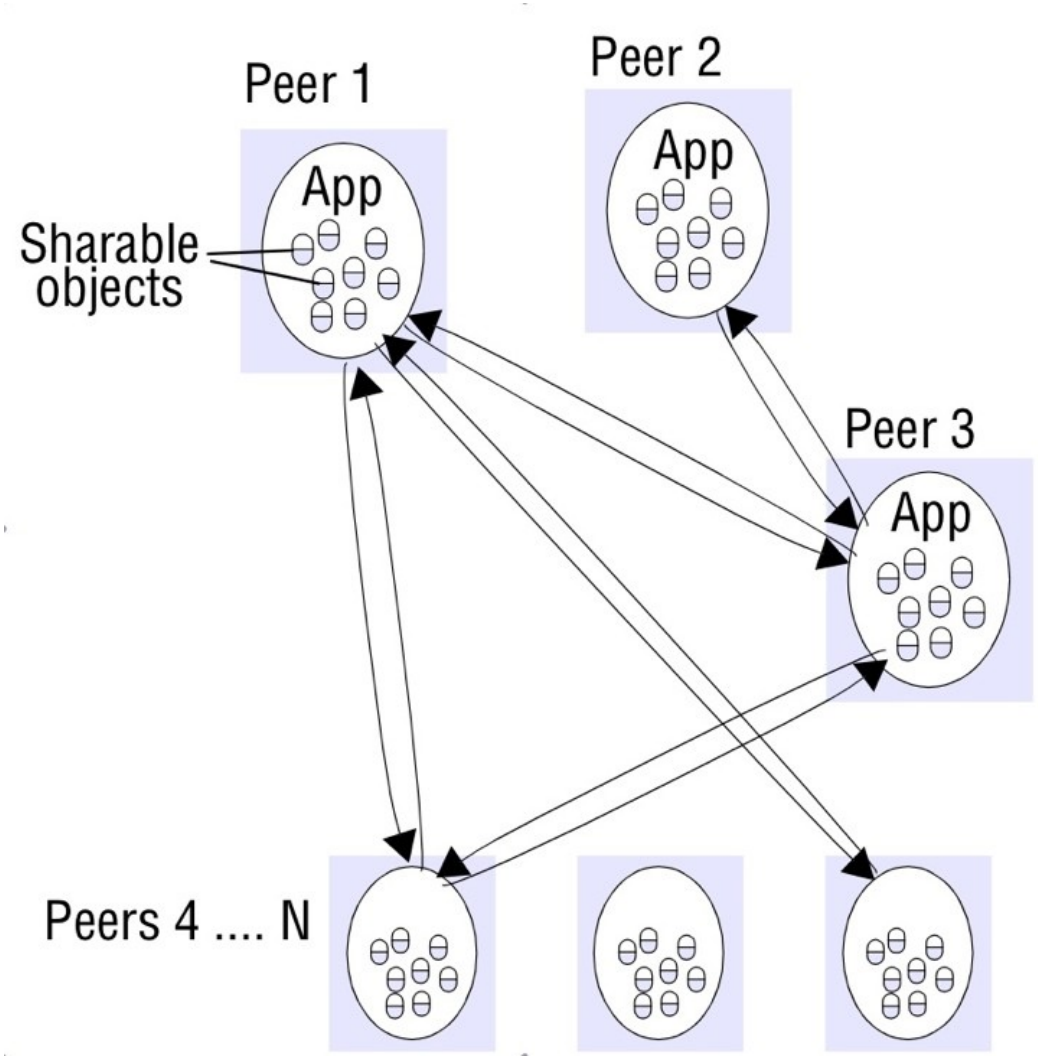
Modelo *Peer Processes*

Aplicação baseada em *peer processes*

- arquitetura em que os processos (nós) desempenham papeis idênticos, sem uma separação prévia entre clientes e servidores
- pontualmente, os processos poder-se-ão comportar como clientes ou como servidores
- a interação varia em função das necessidades



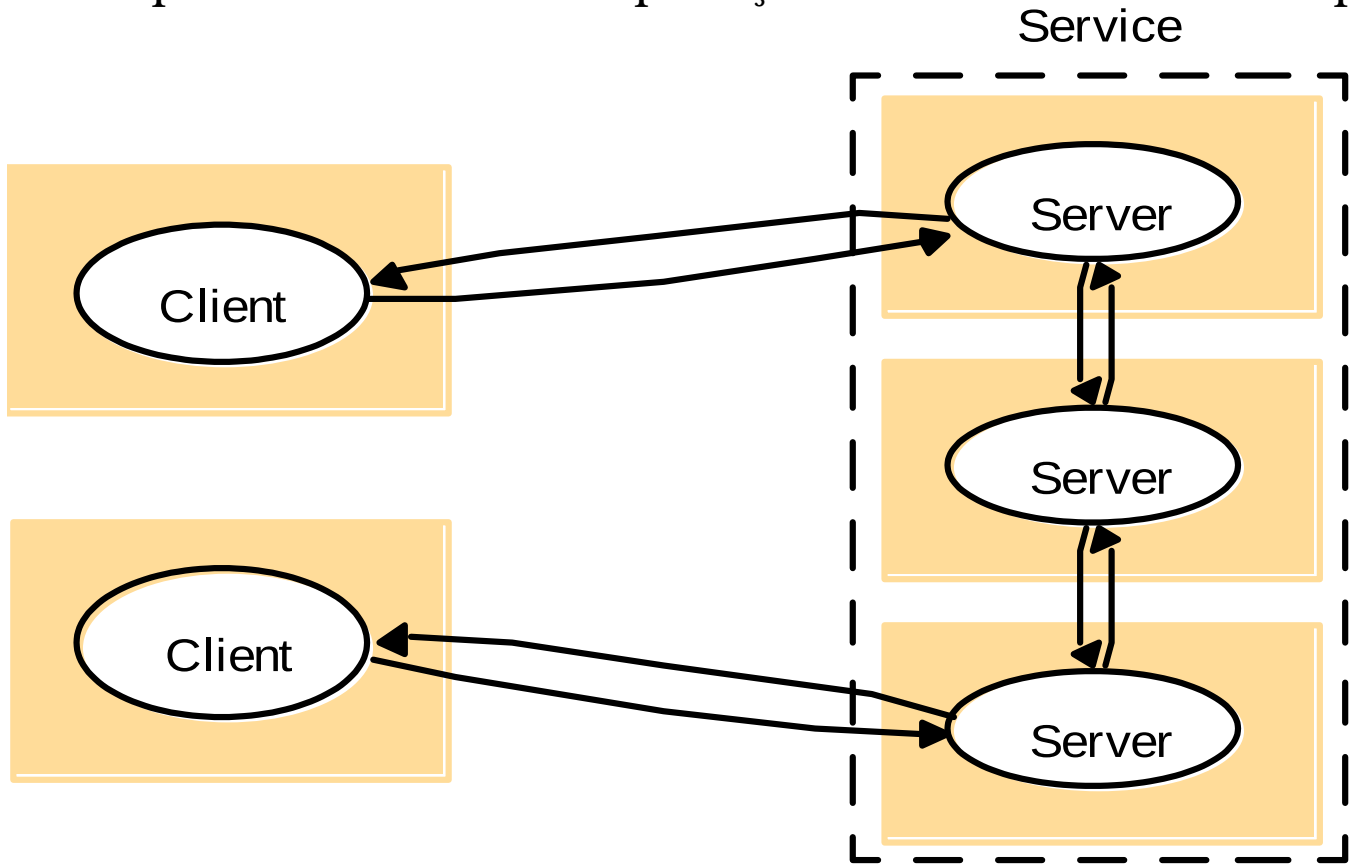
Modelo *Peer Processes*



Variante do Modelo Cliente-Servidor: múltiplos servidores

Serviço prestado por múltiplos servidores

- os servidores podem correr em diferentes computadores
- cada servidor pode lidar com uma partição dos dados ou uma réplica dos dados

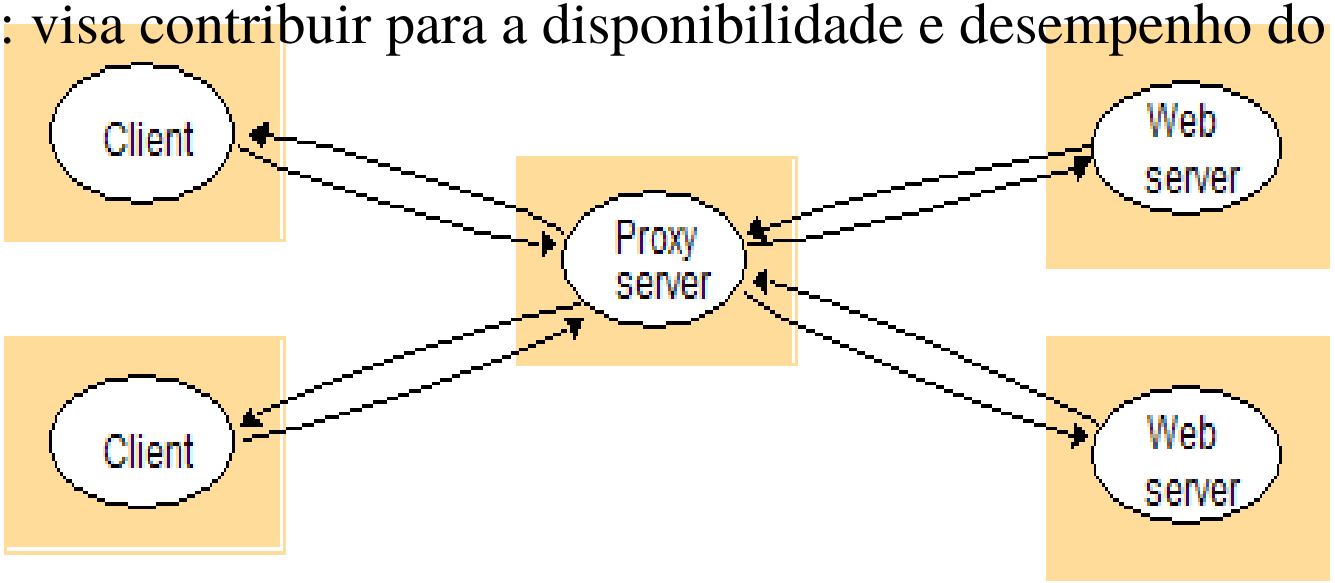


Variante do Modelo Cliente-Servidor: proxy e cache

Cache: uma réplica de dados acedidos recentemente que é mantida

- na aplicação cliente
- num servidor (Proxy Server), quando a réplica dos dados é disponibilizada a vários clientes

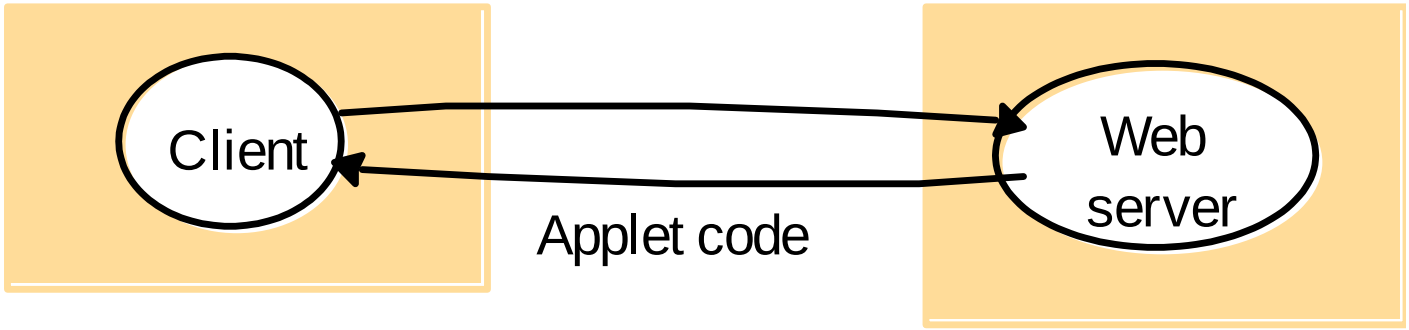
Cache: visa contribuir para a disponibilidade e desempenho do sistema



Variante do Modelo Cliente-Servidor: Código Móvel

- *Web applets*

a) client request results in the downloading of applet code



b) client interacts with the applet

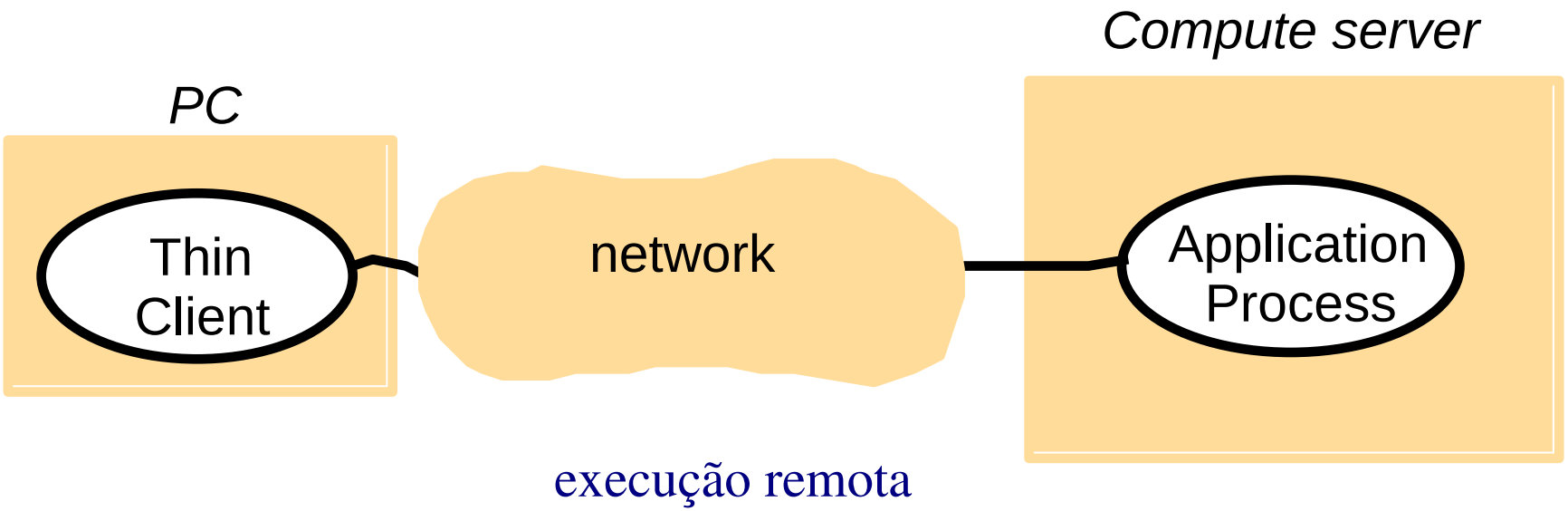
Variante do Modelo Cliente-Servidor: Código Móvel

- Agentes móveis
  - programas em execução
  - incluem o código do programa e os dados
  - viajam na rede para realizar uma tarefa (para um utilizador ou um processo)

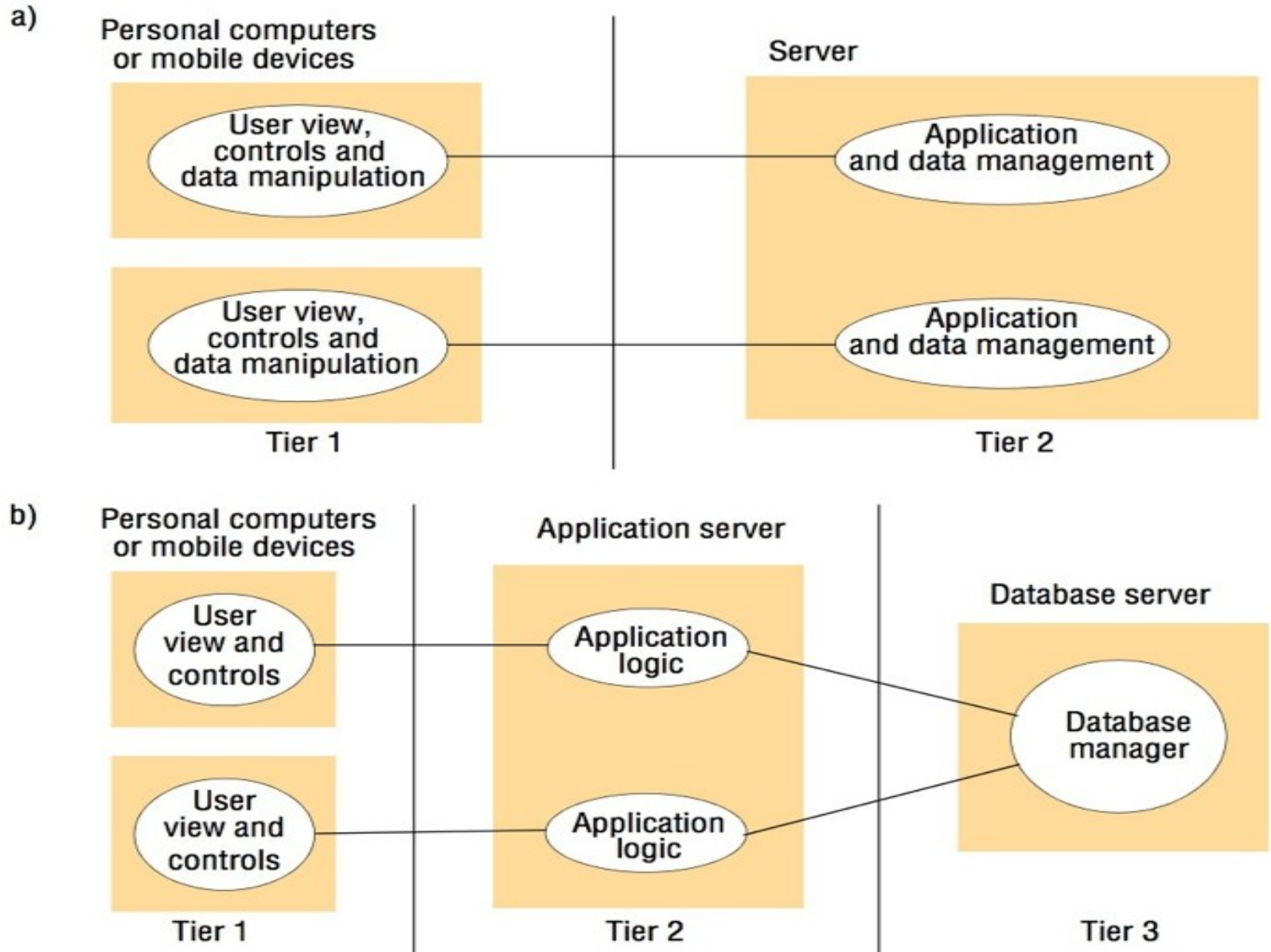
- *Network Computer*
  - SO e restante software obtido pela rede, a partir de um servidor remoto
  - execução local

Variante do Modelo Cliente-Servidor: Código Móvel

- *Thin clients* e *compute servers*
  - interface gráfica local (*thin client*) que controla a execução de aplicações num computador remoto (*compute server*)
- Gestores gráficos
  - X11 (clientes invocam operações no servidor via RPC)
  - VNC: virtual network computer



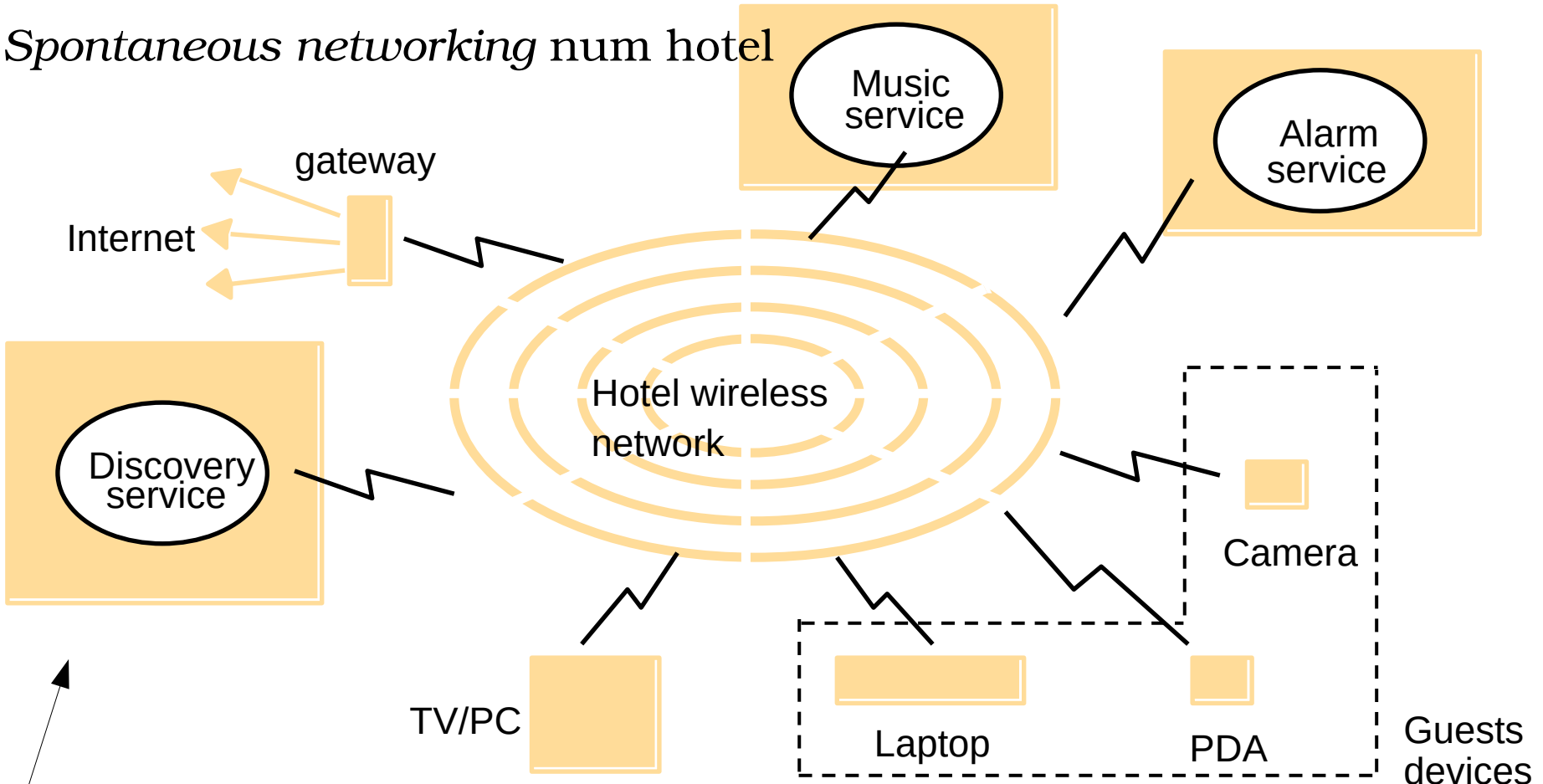
Aquiteturas *Two-tier* e *Three-tier*



Mobilidade e Redes de Computadores

Dispositivos móveis e *Spontaneous networking*

Spontaneous networking num hotel



livro

Spontaneous Networking

- *Spontaneous Networking*
  - A forma de interação automática entre dispositivos móveis e outros dispositivos inseridos numa rede ou ambiente distribuído

- Aspetos chave
  - Facilidade de associação a uma rede local, de preferência sem fios
    - Conectividade limitada
      - Dificuldades inerentes à mobilidade
      - Capacidade reduzida dos equipamentos terminais
    - Aspectos de segurança e privacidade
  - Facilidade de integração com **serviços** locais
    - *Discovery Services*
      - *Registration Service + Lookup Service*

Interfaces e Objetos

- As funções disponíveis para interação com um processo são especificadas em Interfaces

- cliente-servidor (simples)
  - interface fixa

- modelos Orientados por Objetos (CORBA, RMI)
  - objetos podem variar: novas funcionalidades
  - interface dinâmica (tipicamente)

Requisitos no Desenho de Arquiteturas Distribuídas

- Desempenho
  - *responsiveness:* a acessibilidade às respostas
  - *throughput*: taxa de trabalho computacional por unidade de tempo
  - balanceamento (para resolver situações de carga)
- Qualidade do Serviço (QoS)
  - Depende de aspectos não funcionais, como a fiabilidade e o desempenho
- Cache e Replicação
  - cache: server proxy e também do lado do cliente
- Fiabilidade
  - correção
  - segurança
  - tolerância a falhas
    - *o serviço deve continuar a funcionar corretamente, mesmo na presença de falhas de hardware, software ou redes. Consegue-se com Redundância)*

Modelos de Análise Fundamental (*Fundamental Models*)

- Propósito
  - realçar aspetos de desenho, dificuldades e ameaças a considerar no desenvolvimento de SD, de modo que estes possam desempenhar a sua tarefa de modo correto, fiável, eficiente e seguro

- Descrição formal de aspetos
  - comuns a todos os modelos de arquitetura
  - que influenciam a sua fiabilidade
    - a nível de processos, rede e recursos

Modelos de Análise Fundamental

- Modelos de análise a diferentes níveis:
  - Interação: análise de aspetos relacionados com o desempenho e a dificuldade de estabelecer limites temporais num SD, associados à comunicação e coordenação entre processos
  - Falhas: especificação exata das falhas que poderão surgir em processos, dispositivos ou canais de comunicação/rede
  - Segurança: análise das possíveis ameaças a processos e canais de comunicação/rede
    - ataques internos
    - ataques externos

Modelo de Interação

- Algoritmo
  - sequência de passos a executar para completar uma tarefa

- Algoritmo Distribuído
  - sequência de passos a executar por cada um dos processos do sistema, incluindo a transmissão de mensagens (de dados e de coordenação) entre os mesmos, para completar uma tarefa

Modelo de Interação

- Fatores que influenciam a interação entre processos em SD:
  1. Desempenho dos canais de comunicação
     - latência
     - largura de banda
     - *Jitter*
       - variação no tempo necessário para o envio/entrega de fragmentos de dados de uma mesma mensagem.
         Exemplo*: Streaming multimedia, > jitter > distorção < qualidade*
  2. Relógios e Eventos Temporais
     - *clock drift rate*
       - taxa de desvio do tempo face a uma referência correta

Modelo de Interação: Variantes

- SD Síncronos: existem limites para:
  - tempo de execução de cada passo de um processo
  - tempo até à recepção de uma mensagem enviada
  - *clock drift rate* (conhecido) em cada máquina

- SD Assíncronos: não há limite definido ou garantias para:
  - velocidade de execução de um processo
  - tempo de transmissão de uma mensagem, pode ter atraso (*delay*)
  - *clock drift rate:* a taxa é arbitrária

- exemplo de SD assíncrono: Internet

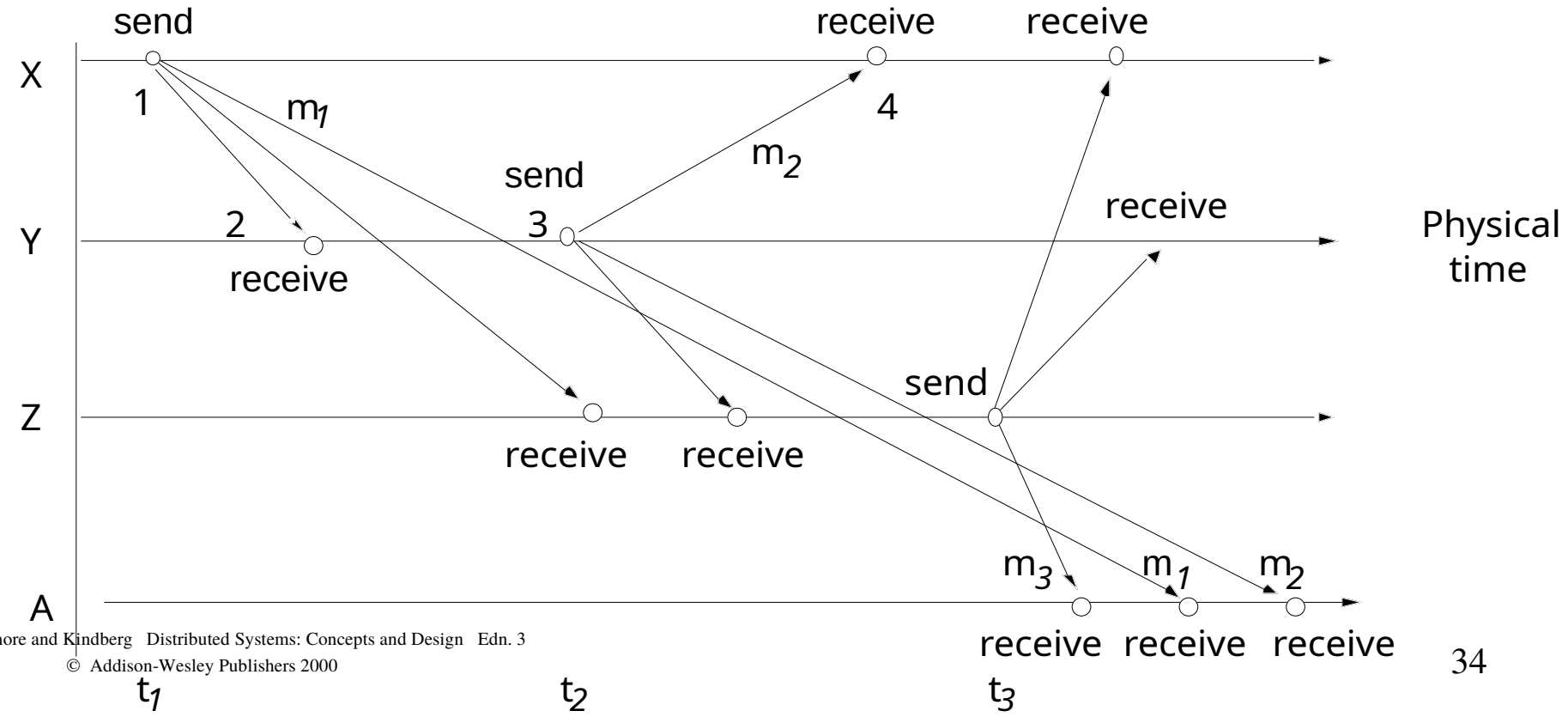
Modelo de Interação:
Ordenação Cronológica de Eventos

Princípio do ***Tempo Lógico***

regras para ordenação (ordenação causal ou outra)

E-mail: Y envia m2 depois de receber m1; X envia m1 antes de Y receber m1

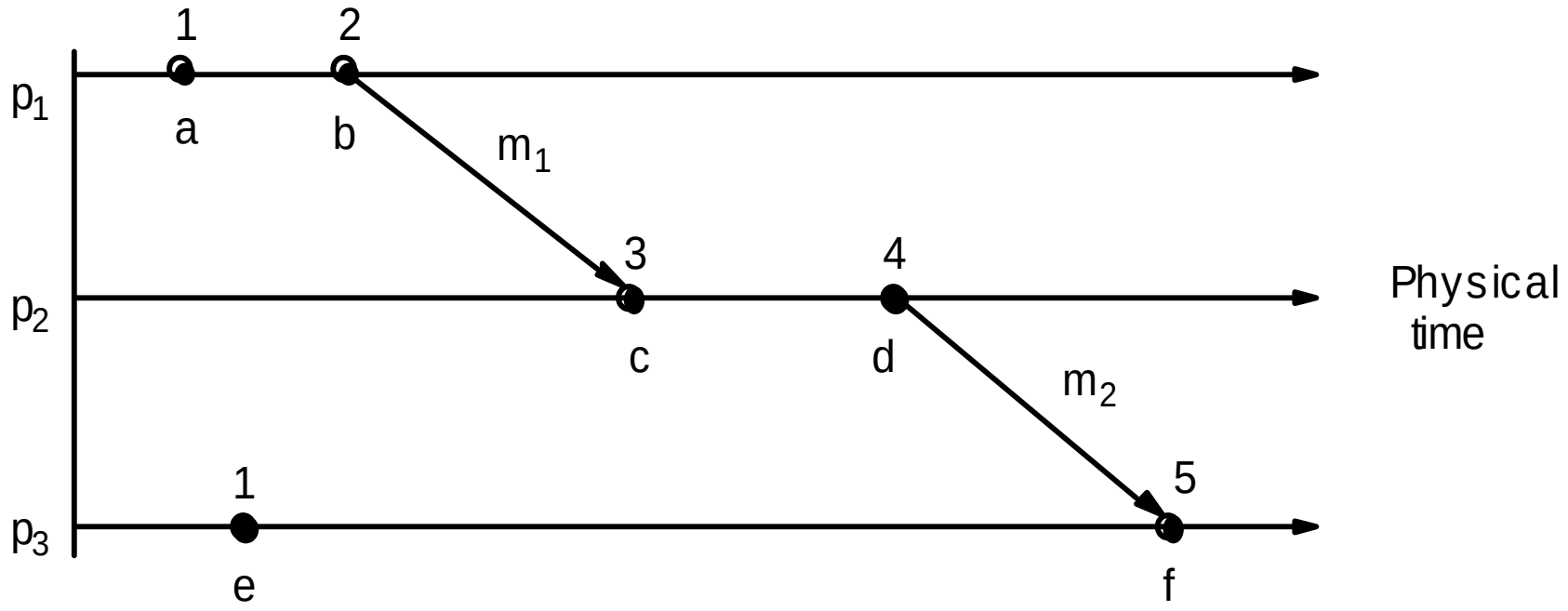
… portanto o que concluir em A, sobre a ordenação de m1 e m2?



Modelo de Interação:
Lamport

Lamport
- dados dois eventos, determinar a ordenação dos mesmos
- atribuir um número

(cada processo p1,... pn, tem o seu relógio físico)



Modelo de Interação: ordenação lógica

Lamport

- considerar os eventos e a relação entre eles… o que acontece primeiro?
- cada processo inicia com um contador, a zero
- cada processo incrementa o seu contador se envia uma mensagem, ou se recebe uma ação
- cada envio leva um timestamp (o contador)
- cada mensagem recebida leva a um ajuste no contador de destino:

localCounter= max(localCounter, messageTS)+1

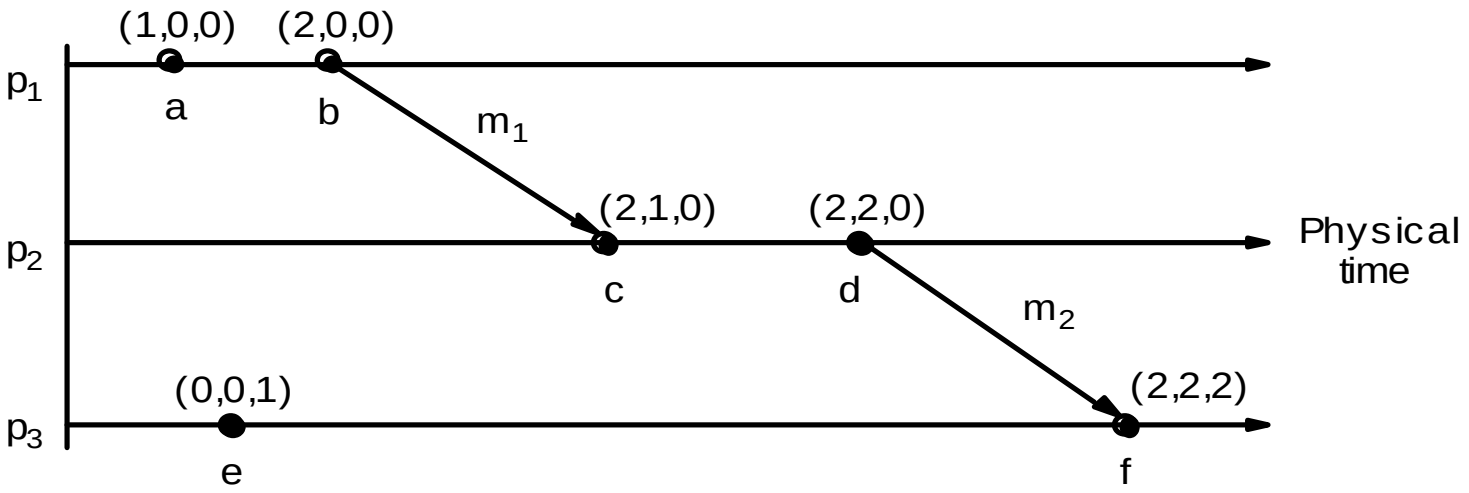
Ordenação Lógica

- no mesmo processo: a antes de b implica TS(a) < TS(b)
- se p1 envia m a p2, send(m) precede receive(m)
- transitividade: se a precede b e b precede c, então a precede c
- em geral: TS(a)<TS(b) não implica necessariamente que a ocorre antes de b

… pensar em casos de máquina diferentes, para a e b

Modelo de Interação: *Vector Timestamps*

Cada processo
- tem um vector de timestamps (1..n) com um valor para cada processo (1..n)
- aprende e regista o que se passa com os demais processos
- valores iniciam a 0
- cada processo k incrementa o seu valor v[k] num envio, ou quando executa uma instrução
- cada envio é marcado com o v[k] local
- o recetor ajusta o v_local[origem]=max(v_local[origem], v_message)



AJAX

- Outra variante da interação clássica da Web, com a aquitetura Cliente-Servidor
  - JavaScript no browser cliente
  - Aplicação servidor tem o estado da sessão na aplicação
  - Permite maior interatividade
    - A aplicação no *client-side*, no browser, pode fazer pedidos ao servidor
    - A resposta recebida pode ser processada e só depois se decide se atualiza o conteúdo web em exibição, eventualmente apenas de modo parcial, sem necessidade de refazer toda a página
    - Depois de fazer o pedido AJAX, o browser pode responder a outros inputs locais (*)... Quando a resposta do servidor chega, o AJAX processa os dados recebidos, podendo atualizar uma zona específica do conteúdo Web atualmente exibido
      - *- comportamento assíncrono

Protocolo com pedidos síncronos e assíncronos: AJAX e XMLHttpRequest

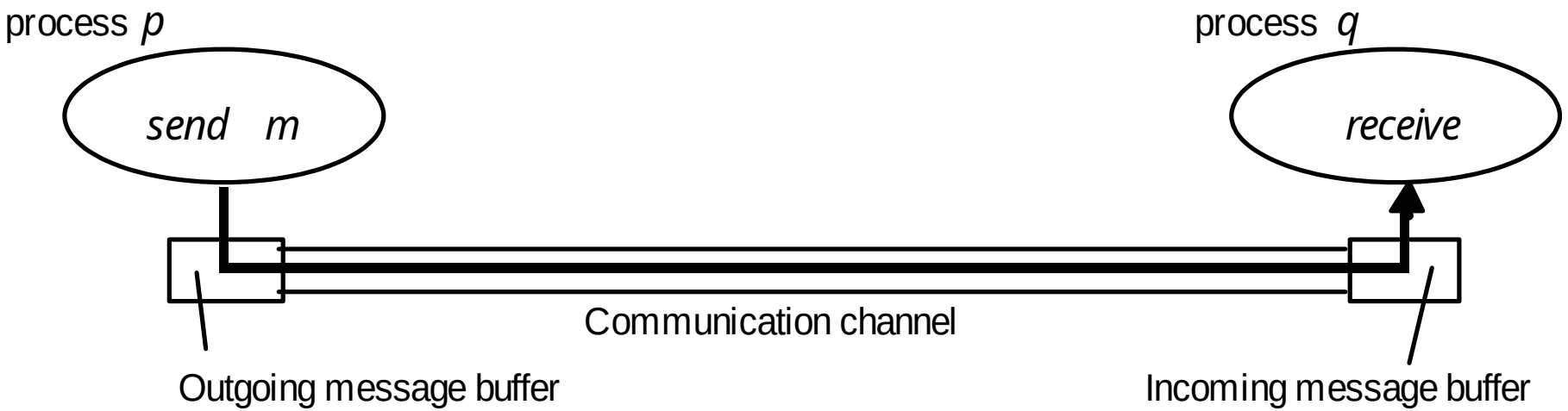
```
new Ajax.Request('scores.php?
                    game=Arsenal:Liverpool',
                   {onSuccess: updateScore});
function updateScore(request) {
.....
( request contains the state of the Ajax request
including the returned result.
The result is parsed to obtain some text giving the
score, which is used to update the relevant portion of
the current page.)
.....
}
```

Modelo de Falhas

- Enumerar as formas em que o sistema pode falhar, facilitando a compreensão dos efeitos de cada falha

Modelo de Falhas

Processos e Canais de Comunicação



Modelo de Falhas

- Falhas de Omissão (*omission failures*)
  - quando o processo ou o canal falham no desempenho da tarefa que lhes cabe
    - ***process omission failures***
      - por crash efetivo ou por lentidão na resposta
    - ***communication omission failures***
      - *dropping messages* (canal falha o transporte entre os buffers)
      - *send-omission*
      - *receive-omission*
- Falhas Arbitrárias (bizantinas)
  - pior cenário
  - falhas diversas
- Falhas Temporais

Modelo de Falhas

Falhas por Omissão e Arbitrárias

Tipo de Falha	*Afecta*	*Descrição*
Fail-stop	Processo	Process halts and remains halted. Other processes may detect this state (Sistemas Síncronos onde há garantias de entrega).
Crash	Processo	Process halts and remains halted. Other processes may not be able to detect this state.
Omissão	Canal	A message inserted in an outgoing message buffer never arrives at the other end's incoming message buffer.
Send-omission	Processo	A process completes a *send*, but the message is not put in its outgoing message buffer.
Receive-omission	Processo	A message is put in a process's incoming message buffer, but that process does not receive it.
Arbitrária (**Bizantina**)	Processo ou canal	Process/channel exhibits arbitrary behaviour: it may send/transmit arbitrary messages at arbitrary times, commit omissions; a process may stop or take an incorrect step.

Modelo de Falhas

Falhas Temporais

sistemas síncronos: estes erros levam à não entrega de respostas (que teriam de chegar no intervalo determinado)

Tipo de Falha	*Afecta*	*Descrição*
Relógio	Processo	Process's local clock exceeds the bounds on its rate of drift from real time.
Performance	Processo	Process exceeds the bounds on the interval between two steps.
Performance	Canal	A message's transmission takes longer than the stated bound.

Num sistema **assíncrono** estes fenómenos acarretam lentidão mas não correspondem necessariamente a Falhas Temporais, pois não há imposições temporais rígidas.

Modelo de Segurança

- Identifica possíveis ameaças num sistema distribuído (aberto)
  - ameaças a processos (clientes, servidores)
    - identidade do interlocutor remoto
    - legitimidade daquele para aceder ao recurso do processo
  - ameaças a canais de comunicação
    - introdução de mensagens forjadas
    - adulteração do conteúdo de mensagens em trânsito

- Visa:
  - garantir segurança de objetos, processos e dos canais de comunicação

Modelo de Segurança

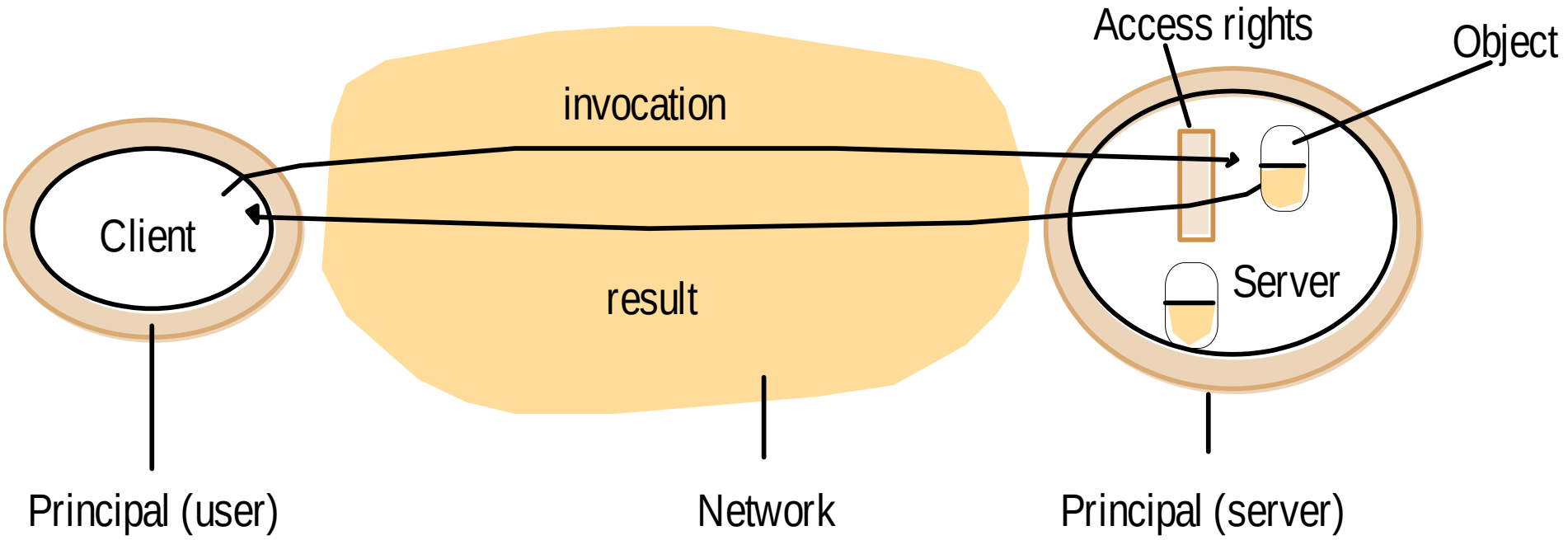
- proteger os objetos
  - *principal:* uma entidade envolvida, utilizador ou processo
  - direitos de acesso
    - especificar Quem pode fazer o Quê sobre Que Objetos

Modelo de Segurança

Interveniente (*principal*)

Objetos

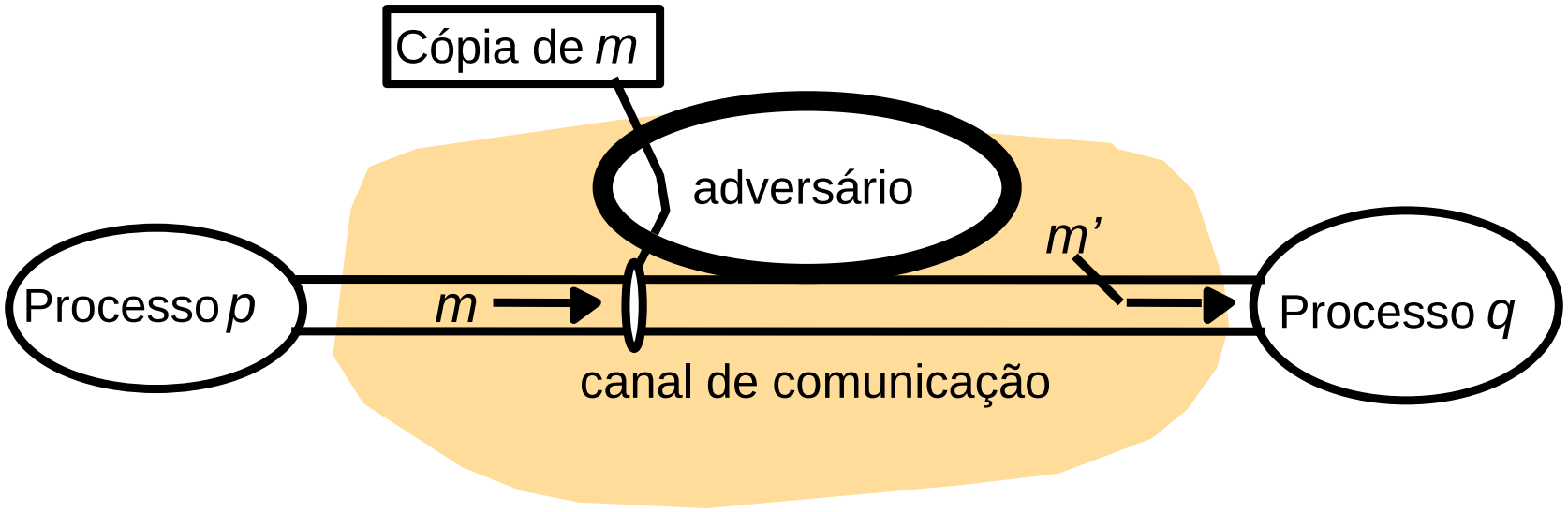
Privilégios de Acesso



Modelo de Segurança

Proteger os canais de comunicação contra adversários

- canais podem ser alvo de ataques externos por parte de utilizadores hostis (adversários/oponentes/atacantes)

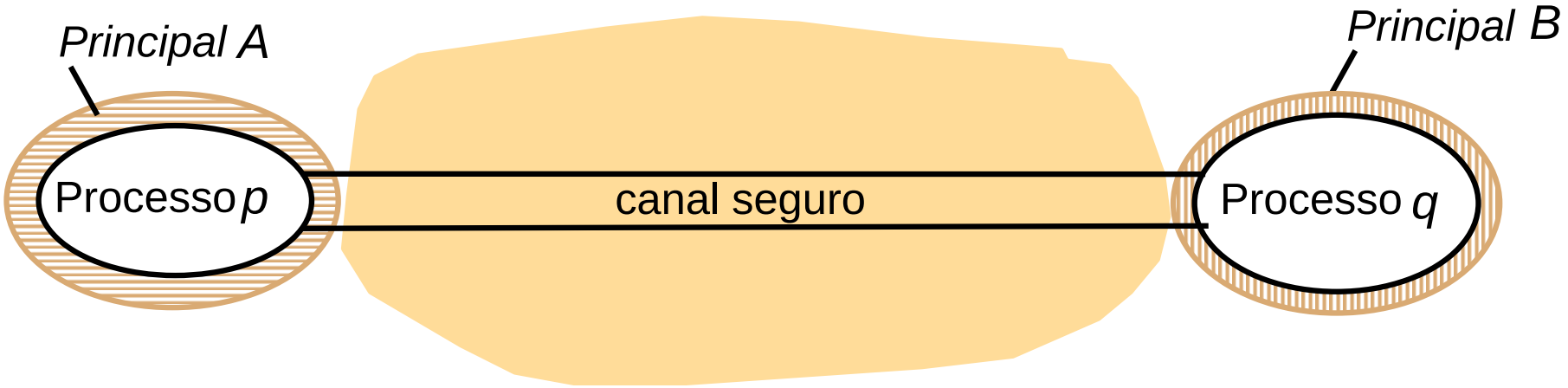


Modelo de Segurança

- Superar ameaças à segurança
  - criptografia
    - autenticação
    - canais seguros

Modelo de Segurança

Utilização de Canais Seguros*



* como exemplo, ver Stunnel

Modelo de Segurança

- Outros ataques possíveis
  - *denial of service*
  - *mobile code*

- Utilização de Modelos de Segurança
  - Repercussões na eficiência
  - Custos diretos e indiretos…
  - É preciso um compromisso entre os ganhos e o impacto que esses mecanismos acarretam...