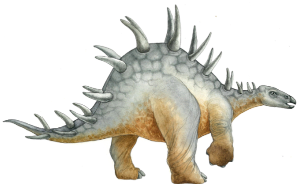
Capítulo 3: Processos

Silberschatz, Galvin and Gagne ©2007

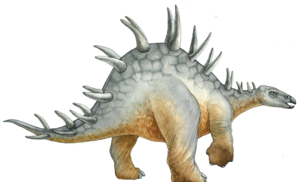
Capítulo 3: Processos

- Conceito de processo
- Escalonamento de processo
- Operações sobre processos
- Processos em cooperação
- Comunicação entre processos
- Comunicação em sistemas cliente-servidor

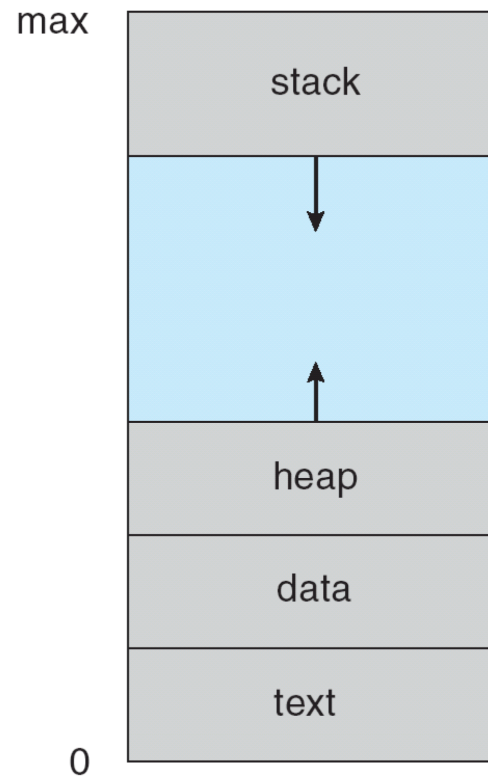


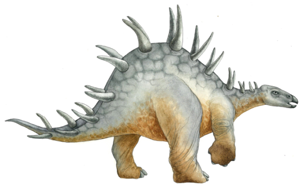
Conceito de processo

- Um sistema operacional executa diversos programas:
  - Sistemas batch – jobs
  - Sistemas compartilhados no tempo – programas ou tarefas do usuário
- Livro texto usa os termos *job* e *processo* para indicar quase a mesma coisa (um job contém 1 ou mais processos)
- **Processo** – um programa em execução; a execução do processo deve progredir de modo seqüencial
- Um processo inclui:
  - contador de programa
  - pilha
  - seção de dados



Processo na memória





Estado do processo

- Enquanto um processo é executado, ele muda de *estado:*
  - **novo**: O processo está sendo criado
  - **pronto:** O processo foi criado com sucesso e está esperando para ser atribuído a um processador
  - **executando**: Instruções estão sendo executadas
  - **esperando**: O processo está esperando que ocorra algum evento
  - **terminado**: O processo terminou a execução

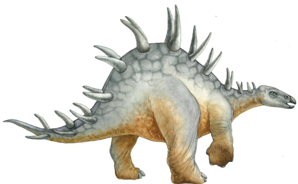
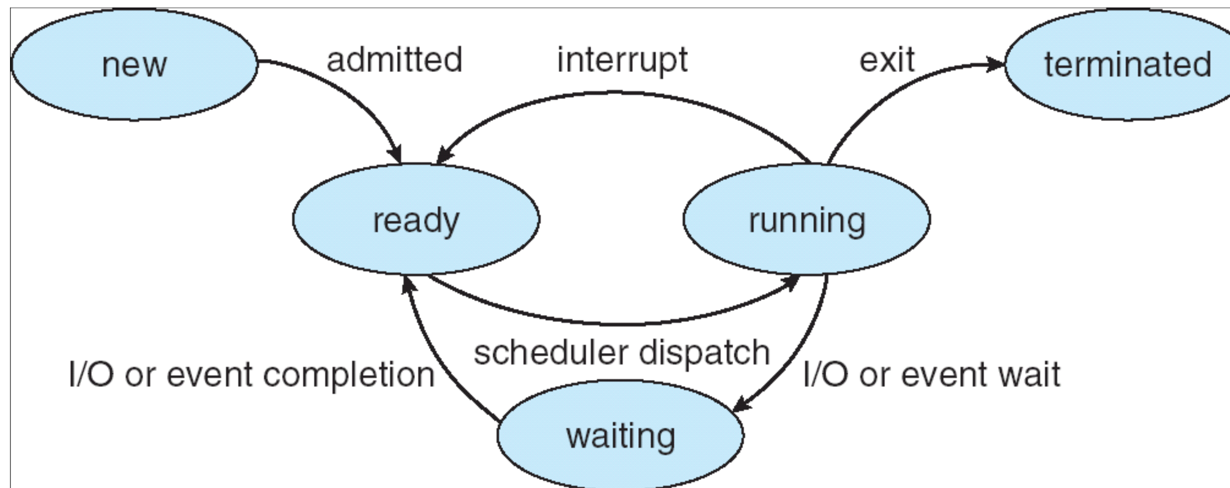
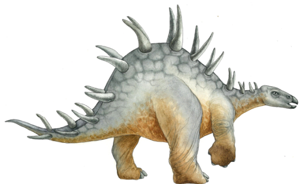


Diagrama de estado do processo

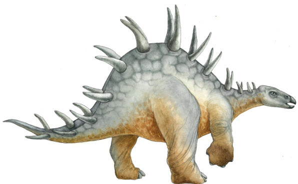




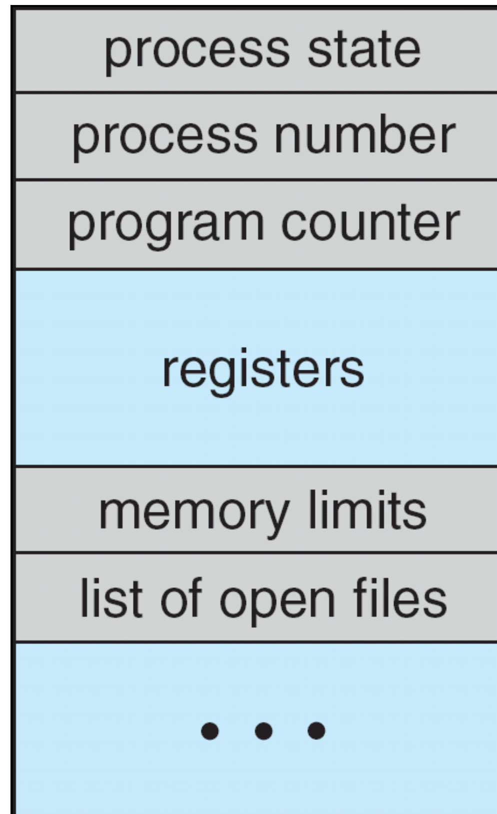
Process Control Block (PCB)

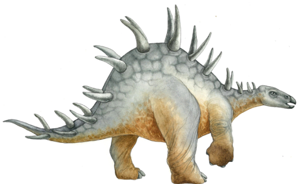
Informações associadas a cada processo

- Estado do processo
- Contador de programa
- Registradores da CPU
- Informação de escalonamento da CPU
- Informação de gerenciamento de memória
- Informação de contabilidade
- Informação de status de E/S

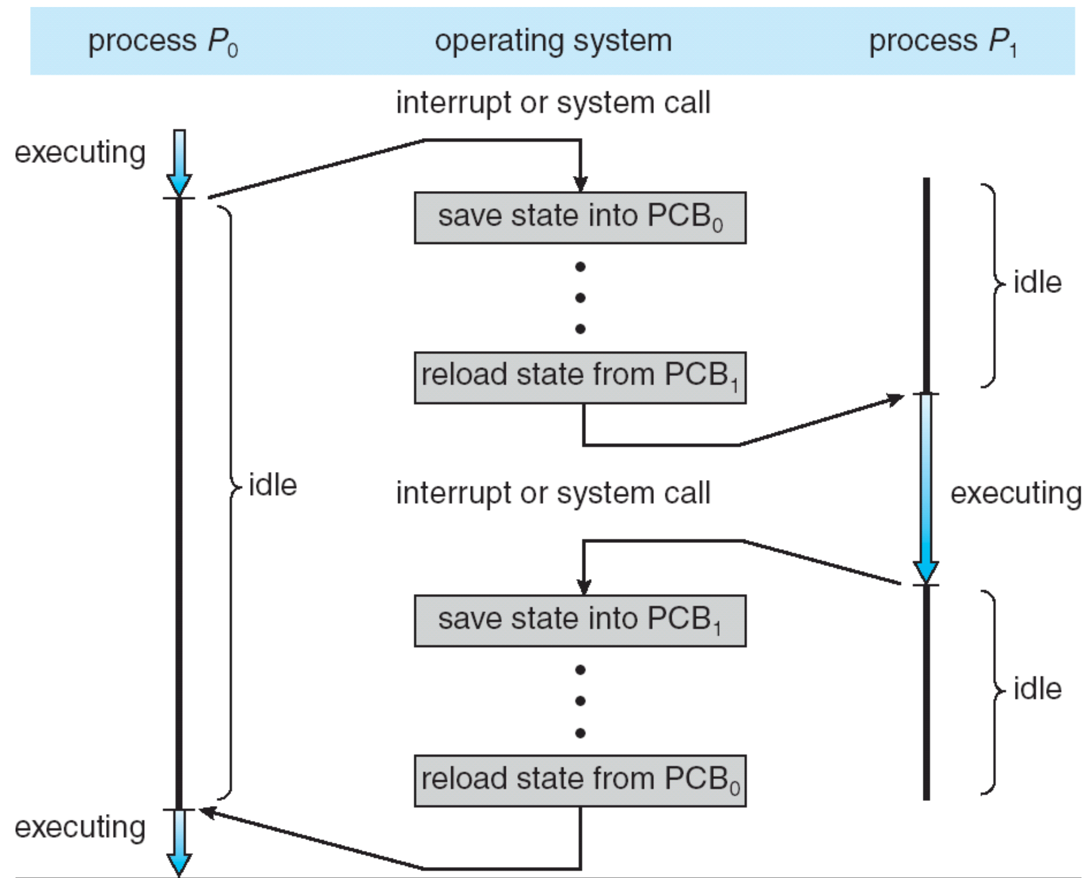


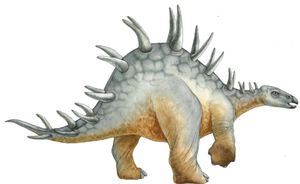
Process Control Block (PCB)





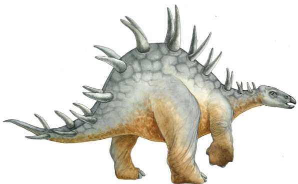
Troca de processos pela CPU



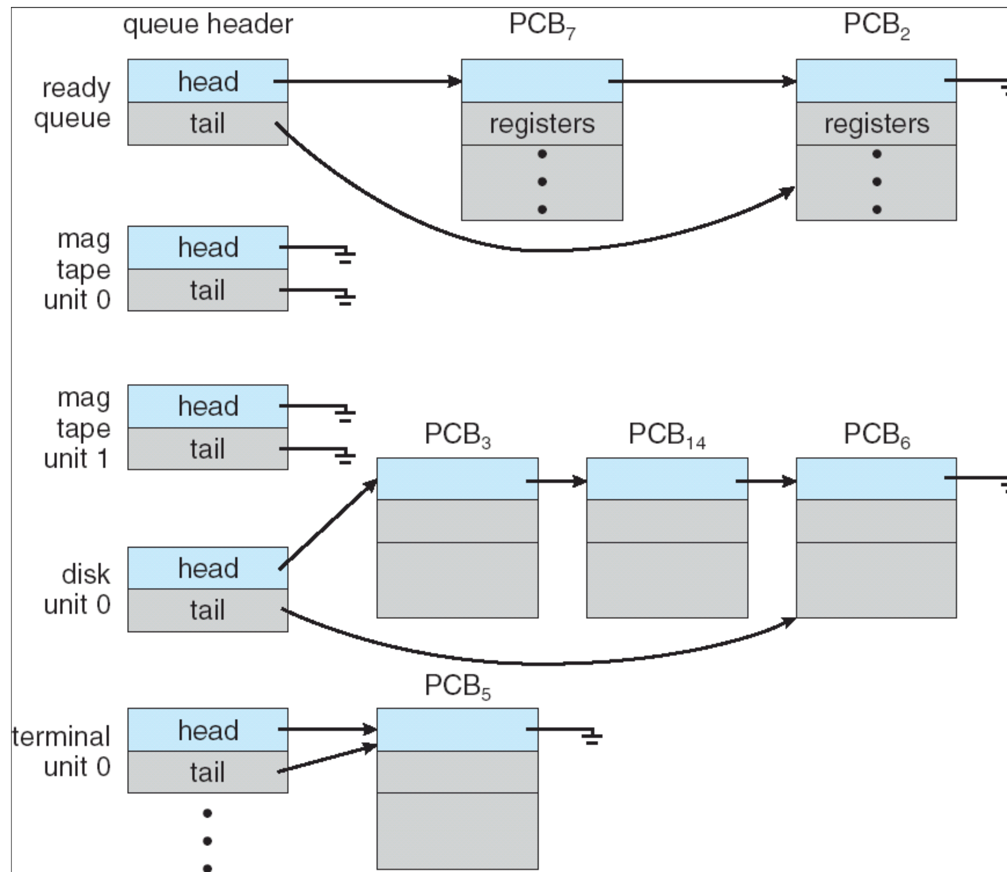


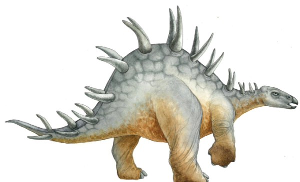
Filas de escalonamento de processo

- **Fila de tarefas** – conjunto de todos os processos no sistema
- **Fila de pronto** – conjunto de todos os processos residindo na memória principal, prontos e esperando para execução
- **Filas de dispositivo** – conjunto de processos esperando por um dispositivo de E/S
- Processos migram entre as diversas filas

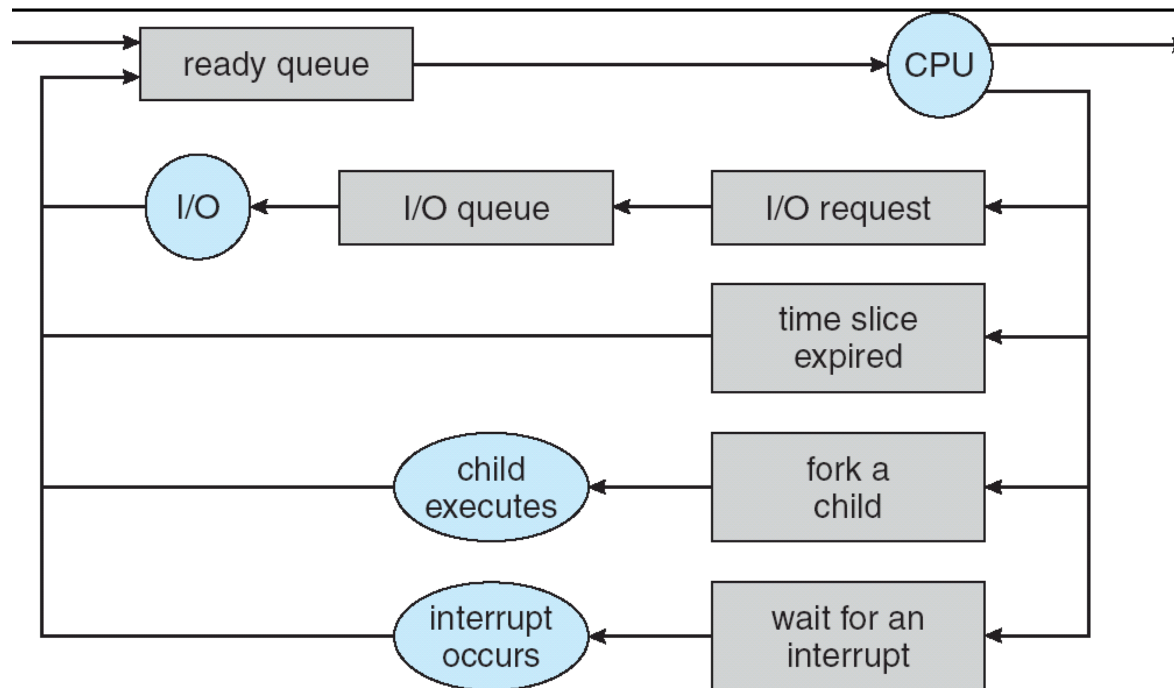


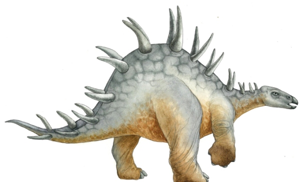
Fila de pronto e filas de dispositivo de E/S





Escalonamento de processos

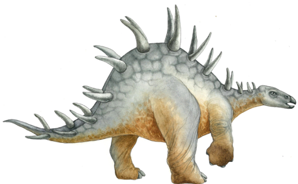




Escalonadores

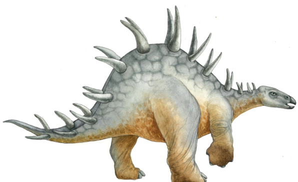
- **Escalonador a longo prazo** (ou escalonador de job) – seleciona quais processos devem ser trazidos para a fila de pronto. Geralmente, utilizado em sistemas batch.

- **Escalonador a curto prazo** (ou escalonador de CPU) – seleciona qual processo deve ser executado em seguida e aloca CPU

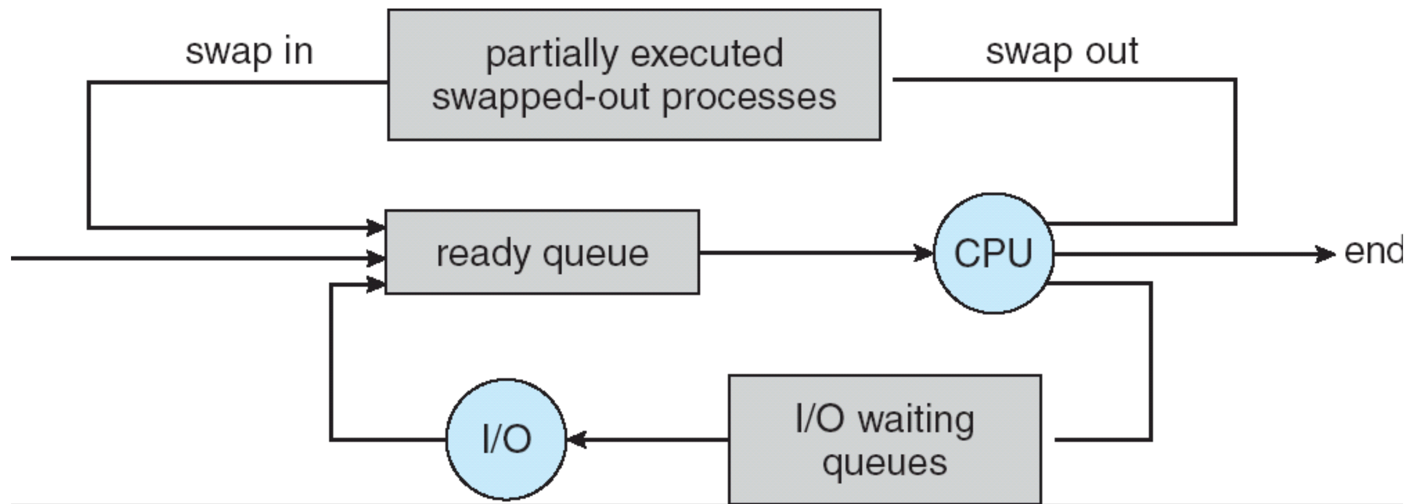


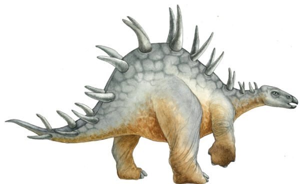
Escalonadores (cont.)

- O escalonador a curto prazo é invocado muito freqüentemente (milissegundos) (deve ser rápido)
- O escalonador a longo prazo é invocado com pouca freqüencia (segundos, minutos) (pode ser lento)
- O escalonador a longo prazo controla o *grau de multiprogramação*
- Os processos podem ser descritos como:
  - **Processos voltados para E/S** – gasta mais tempo realizando E/S do que cálculos, com *bursts* de CPU muito curtos
  - **Processos voltados para CPU** – gasta mais tempo realizando cálculos; poucos *bursts* de CPU muito longos



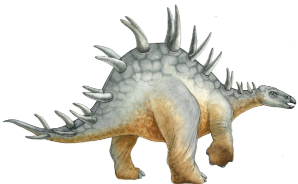
Escalonador de médio prazo (swapping)





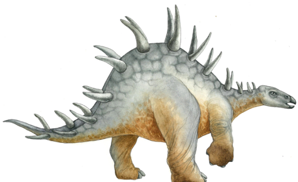
Troca de contexto

- Quando a CPU passa para outro processo, o sistema deve salvar o estado do processo antigo e carregar o estado salvo para o novo processo
- *Overhead* é o tempo de troca de contexto; o sistema não realiza trabalho útil enquanto faz a troca
- Tempo dependente do suporte do hardware

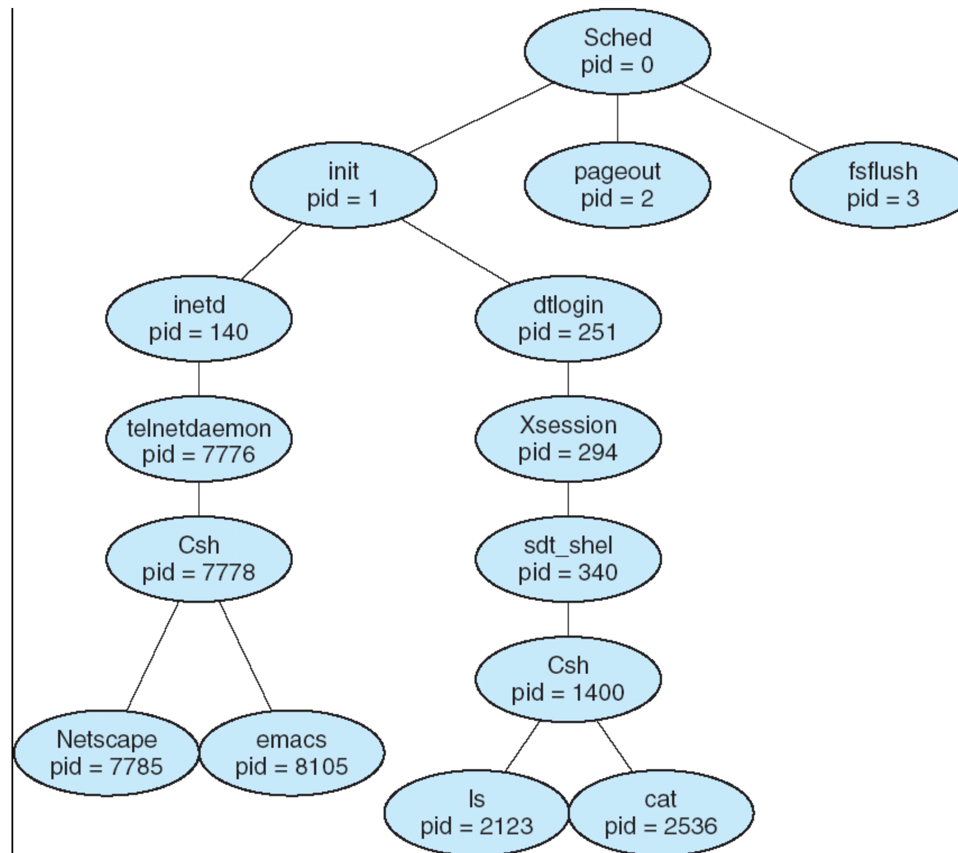


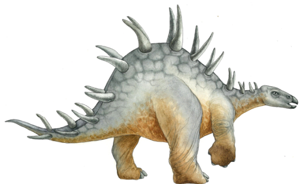
Criação de processo

- Processo pai cria processos filho que, por sua vez, criam outros processos, formando uma árvore de processos
- Compartilhamento de recursos (3 tipos)
  - Pai e filhos compartilham todos os recursos
  - Filhos compartilham subconjunto dos recursos do pai
  - Pai e filho não compartilham recursos
- Execução (2 tipos)
  - Pai e filhos executam simultaneamente
  - Pai espera até que filhos terminem



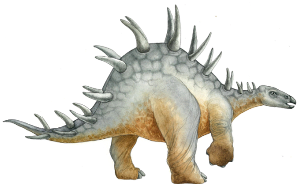
Árvores de processos



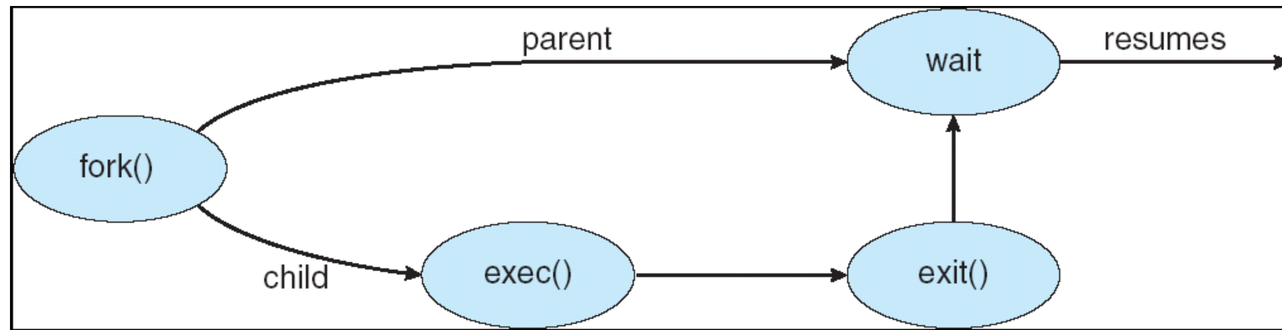


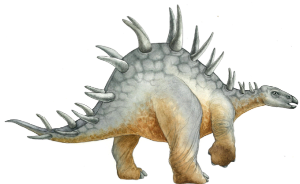
Criação de processo (cont.)

- Espaço de endereços (2 tipos)
  - Filho duplicata do pai
  - Filho tem um programa carregado
- Exemplos do UNIX
  - Chamada do sistema **fork** cria novo processo
  - Chamada do sistema **exec** usada após um **fork** para substituir o espaço de memória do processo por um novo programa



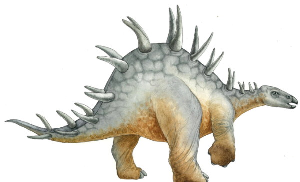
Criação de processo





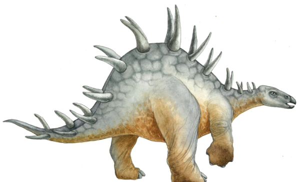
Criação de processo no POSIX

```
#include <sys/types.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main()
{
pid_t pid;

    /* fork a child process */
    pid = fork();

    if (pid < 0) { /* error occurred */
       fprintf(stderr, "Fork Failed");
       exit(-1);
    }
    else if (pid == 0) { /* child process */
       execlp("/bin/ls","ls",NULL);
    }
    else { /* parent process */
       /* parent will wait for the child to complete */
       wait(NULL);
       printf("Child Complete");
       exit(0);
    }
}
```



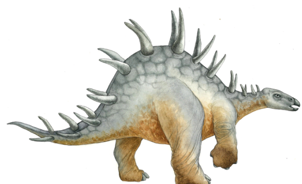
Criação de processo no Win32

```
#include <stdio.h>
#include <windows.h>

int main(VOID)
{
STARTUPINFO si;
PROCESS_INFORMATION pi;

    // allocate memory
    ZeroMemory(&si, sizeof(si));
    si.cb = sizeof(si);
    ZeroMemory(&pi, sizeof(pi));

    // create child process
    if (!CreateProcess(NULL, // use command line
     "C:\\WINDOWS\\system32\\mspaint.exe", // command line
     NULL, // don't inherit process handle
     NULL, // don't inherit thread handle
     FALSE, // disable handle inheritance
     0, // no creation flags
     NULL, // use parent's environment block
     NULL, // use parent's existing directory
     &si,
     &pi))
    {
      fprintf(stderr, "Create Process Failed");
      return -1;
    }
    // parent will wait for the child to complete
    WaitForSingleObject(pi.hProcess, INFINITE);
    printf("Child Complete");

    // close handles
    CloseHandle(pi.hProcess);
    CloseHandle(pi.hThread);
}
```



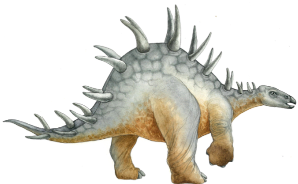
Criação de processo em Java

```
import java.io.*;

public class OSProcess
{
 public static void main(String[] args) throws IOException {
  if (args.length != 1) {
   System.err.println("Usage: java OSProcess <command>");
   System.exit(0);
  }

  // args[0] is the command
  ProcessBuilder pb = new ProcessBuilder(args[0]);
  Process proc = pb.start();

  // obtain the input stream
  InputStream is = proc.getInputStream();
  InputStreamReader isr = new InputStreamReader(is);
  BufferedReader br = new BufferedReader(isr);

  // read what is returned by the command
  String line;
  while ( (line = br.readLine()) != null)
    System.out.println(line);

  br.close();
 }
}
```



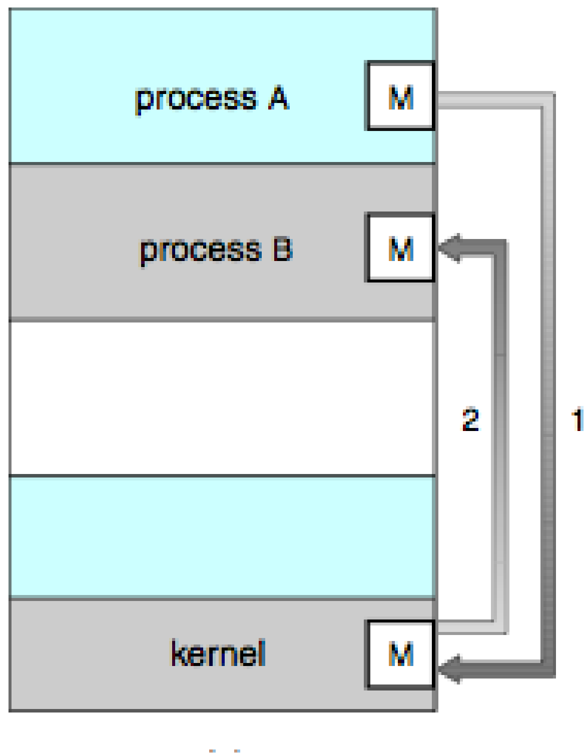
Término de processo

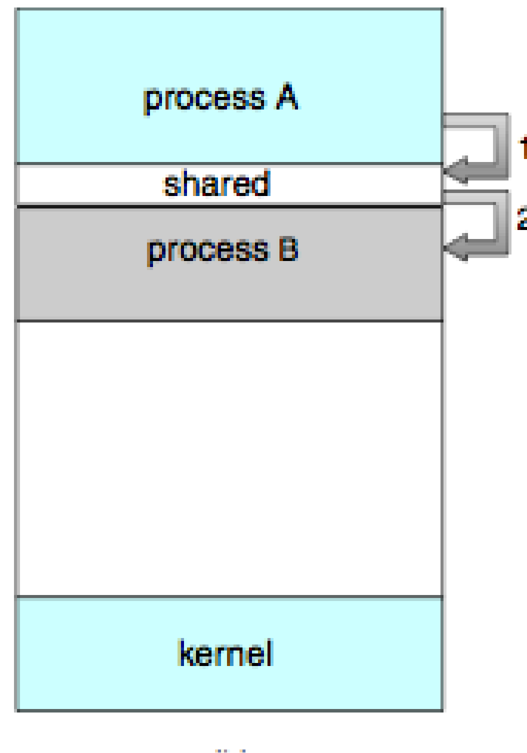
- Processo executa última instrução e pede ao sistema operacional para excluí-lo (**exit**)
  - Dados de saída do filho vão para o pai (via **wait**)
  - Recursos do processo são liberados pelo sistema operacional
- Pai pode terminar a execução dos processos dos filhos (**abort**)
  - Filho excedeu recursos alocados
  - Tarefa atribuída ao filho não é mais exigida
  - Se o pai estiver saindo
    - Alguns sistemas operacionais não permitem que o filho continue se o pai terminar (*término em cascata)*

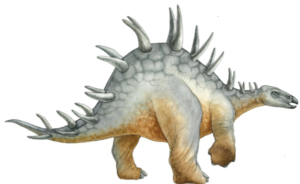


Comunicação entre processos

Passagem de mensagem **Memória compartilhada**

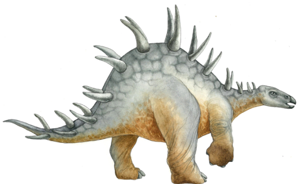




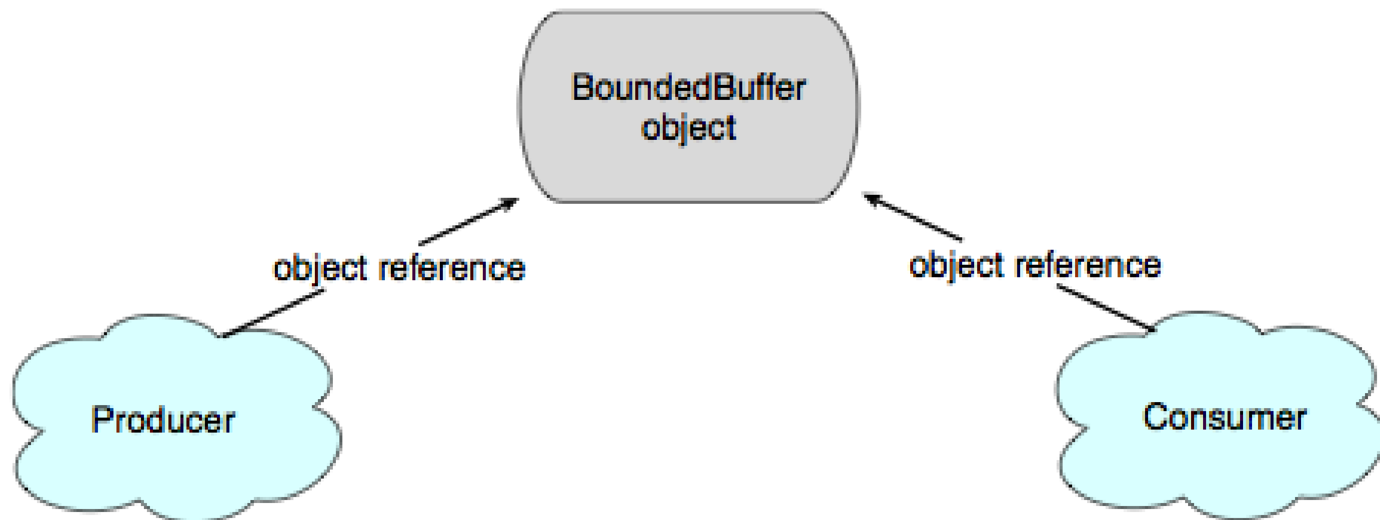


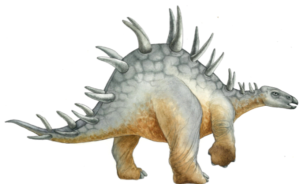
Problema do produtor-consumidor

- Paradigma para processos em cooperação, processo *produtor* produz informações que são consumidas por um processo *consumidor*
  - *Buffer ilimitado* não impõe limite prático sobre o tamanho do buffer
  - *Buffer limitado* assume que existe um tamanho de buffer fixo



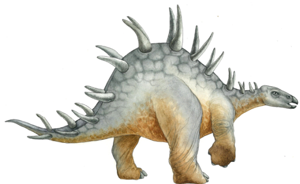
Simulando memória compartilhada em Java





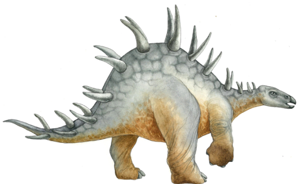
Buffer vinculado – solução de memória compartilhada

```
public interface Buffer
{
   // producers call this method
   public abstract void insert(Object item);

   // consumers call this method
   public abstract Object remove();
}
```



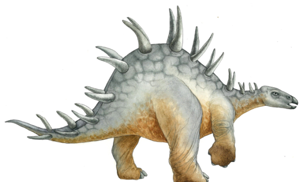
Buffer vinculado – solução de memória compartilhada

```
public class BoundedBuffer implements Buffer
{
   private static final int BUFFER_SIZE = 5;
   private int count; // number of items in the buffer
   private int in; // points to the next free position
   private int out; // points to the next full position
   private Object[] buffer;

   public BoundedBuffer() {
      // buffer is initially empty
      count = 0;
      in = 0;
      out = 0;

      buffer = new Object[BUFFER_SIZE];
   }

   // producers calls this method
   public void insert(Object item) {
      // Figure 3.16
   }

   // consumers calls this method
   public Object remove() {
      // Figure 3.17
   }
}
```



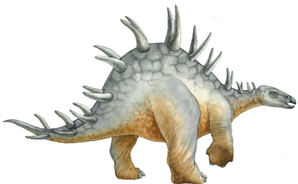
Buffer vinculado –Figura 3.16 – método insert()

```
public void insert(Object item) {
   while (count == BUFFER_SIZE)
        ; // do nothing -- no free buffers

   // add an item to the buffer
   ++count;
   buffer[in] = item;
   in = (in + 1) % BUFFER_SIZE;
}
```



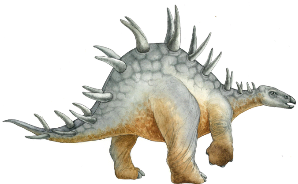
Buffer vinculado –Figura 3.17 – método remove()

```
public Object remove() {
   Object item;

   while (count == 0)
       ; // do nothing -- nothing to consume

   // remove an item from the buffer
   --count;
   item = buffer[out];
   out = (out + 1) % BUFFER_SIZE;

   return item;
}
```



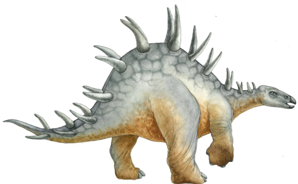
Passagem de mensagens

- Sistema de mensagem – processos se comunicam entre si sem lançar mão de variáveis compartilhadas
- Facilidade de passagem de mensagem oferece duas operações:
  - **send**(*mensagem*) – tamanho da mensagem fixo ou variável
  - **receive**(*mensagem*)
- Se *P* e *Q* quiserem se comunicar, eles precisam:
  - estabelecer um *link de comunicação* entre eles
  - trocar mensagens por meio de send/receive



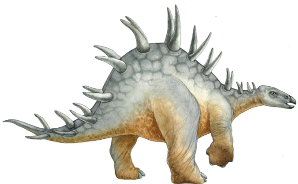
Questões de implementação

- Como os links são estabelecidos?
- Um link pode estar associado a mais de dois processos?
- Quantos links pode haver entre cada par de processos em comunicação?
- Qual é a capacidade de um link?
- O tamanho de uma mensagem que o link pode acomodar é fixo ou variável?
- Um link é unidirecional ou bidirecional?



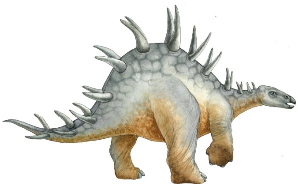
Comunicação direta

- Processos devem nomear um ao outro explicitamente:
  - **send** (*P, mensagem*) – envia uma mensagem ao processo P
  - **receive**(*Q, mensagem*) – recebe uma mensagem do processo Q
- Propriedades do link de comunicação
  - Links são estabelecidos automaticamente
  - Um link é associado a exatamente um par de processos em comunicação
  - Entre cada par existe exatamente um link
  - O link pode ser unidirecional, mas normalmente é bidirecional



Comunicação indireta

- As mensagens são direcionadas e recebidas de caixas de correio (também conhecidas como portas)
  - Cada caixa de correio tem um id exclusivo
  - Os processos só podem se comunicar se compartilharem uma caixa de correio
- Propriedades do link de comunicação
  - Link estabelecido somente se os processos compartilharem uma caixa de correio comum
  - Um link pode estar associado a muitos processos
  - Cada par de processos pode compartilhar vários links de comunicação
  - O link pode ser unidirecional ou bidirecional

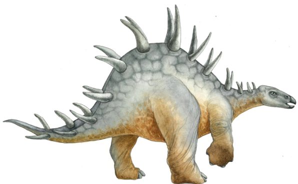


Comunicação indireta

- Operações
  - cria uma nova caixa de correio
  - envia e recebe mensagens por meio da caixa de correio
  - destrói uma caixa de correio
- Primitivos são definidos como:

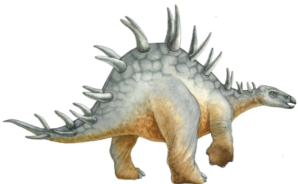
  send(*A, mensagem*) – envia uma mensagem à caixa de correio A

  receive(*A, mensagem*) – recebe uma mensagem da caixa de correio A



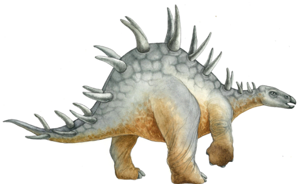
Comunicação indireta

- Compartilhamento de caixa de correio
  - P_1, P_2 e P_3 compartilham caixa de correio A
  - P_1 envia; P_2 e P_3 recebem
  - Quem recebe a mensagem?
- Soluções
  - Permite que um link seja associado a no máximo dois processos
  - Permite que somente um processo de cada vez execute uma operação de recepção
  - Permite que o sistema selecione arbitrariamente o receptor.
  - Permite que o sistema selecione arbitrariamente o receptor. Emissor é notificado de quem foi o receptor.



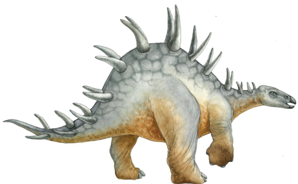
Sincronismo

- A passagem de mensagens pode ser com bloqueio ou sem bloqueio
- **Com bloqueio** é considerada **síncrona**
  - **Envio com bloqueio** deixa o emissor bloqueado até que a mensagem é recebida
  - **Recepção com bloqueio** deixa o receptor bloqueado até que uma mensagem esteja disponível
- **Sem bloqueio** é considerada assíncrona
  - **Envio sem bloqueio** faz com que o emissor envie a mensagem e continue
  - **Recepção sem bloqueio** faz com que o receptor receba uma mensagem válida ou nulo



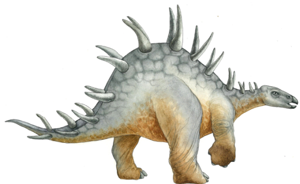
Buffers

- Fila de mensagens conectadas ao link; implementados de três maneiras
  1. **Capacidade zero** – 0 mensagens
     Emissor deve esperar pelo receptor (*rendezvous*)
  2. **Capacidade limitada** – tamanho finito de *n* mensagens
     Emissor deve esperar se o link estiver cheio
  3. **Capacidade ilimitada** – tamanho infinito
     Emissor nunca espera



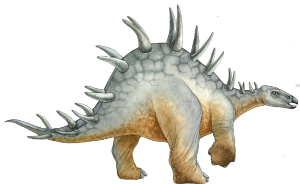
Passagem de mensagem – Buffer vinculado com capacidade ilimitada

```java
public interface Channel
{
   // Send a message to the channel
   public abstract void send(Object item);

   // Receive a message from the channel
   public abstract Object receive();
}
```



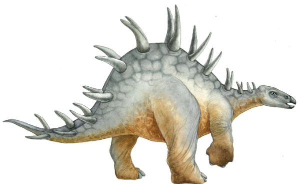
Buffer vinculado – Solução de passagem de mensagem

```
public class MessageQueue implements Channel
{
   private Vector queue;

   public MessageQueue() {
      queue = new Vector();
   }

   // This implements a nonblocking send
   public void send(Object item) {
      queue.addElement(item);
   }

   // This implements a nonblocking receive
   public Object receive() {
      if (queue.size() == 0)
         return null;
      else
         return queue.remove(0);
   }
}
```



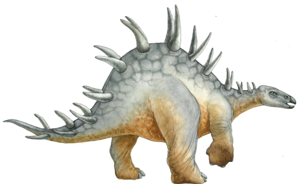
O produtor

```
Channel mailBox;

while (true) {
    Date message = new Date();
    mailBox.send(message);
}
```



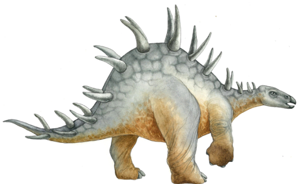
O consumidor

```
Channel mailBox;

while (true) {
   Date message = (Date) mailBox.receive();
   if (message != null)
      // consume the message
}
```



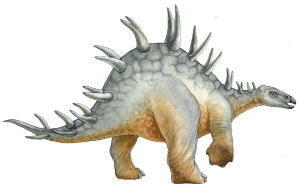
Comunicação cliente-servidor

- *Sockets*
- Chamadas de procedimento remoto (RPC)
- Invocação de método remoto (RMI) - Java

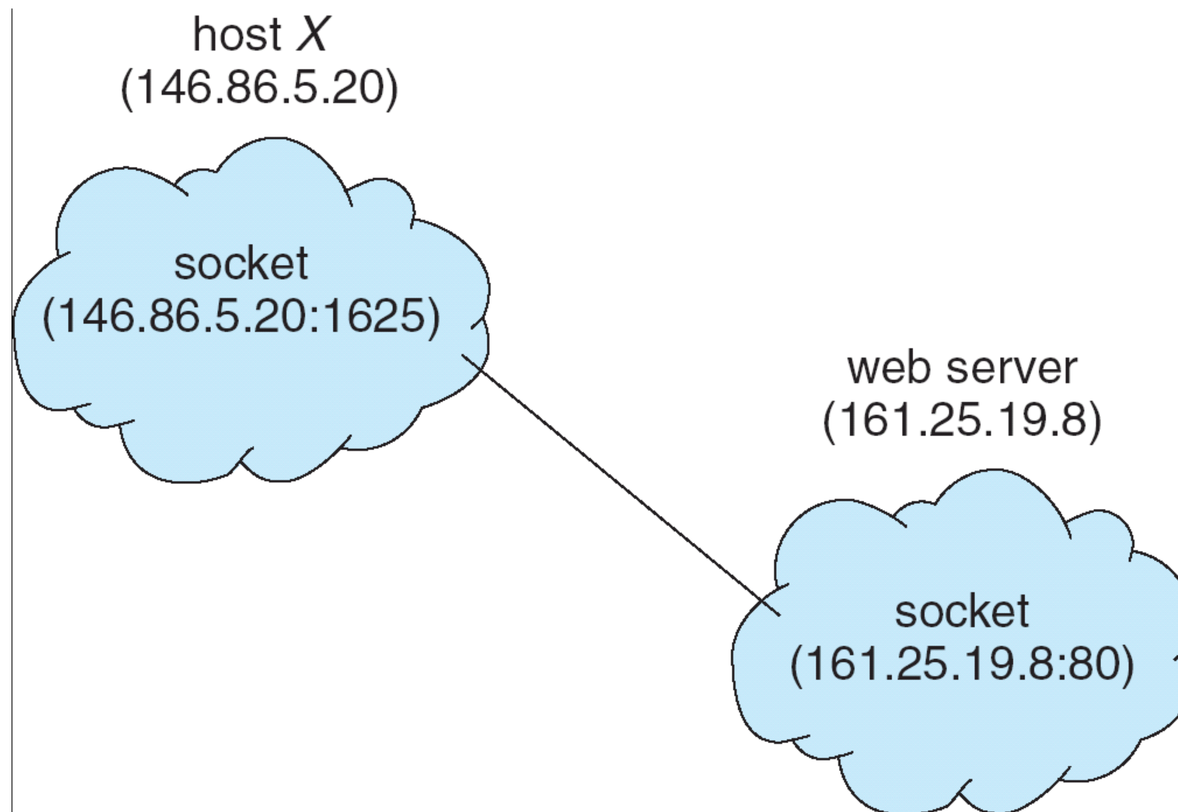


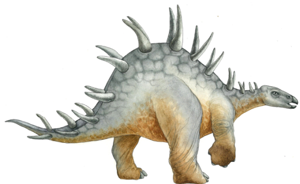
Sockets

- Um *socket* é definido como uma *extremidade para comunicação*
- Concatenação de endereço IP e porta
- O *socket* **161.25.19.8:1625** refere-se à porta **1625** no host **161.25.19.8**
- A comunicação acontece entre um par de *sockets*



Comunicação por socket



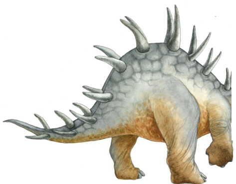


Comunicação por *socket* em Java

```
public class DateServer
{
   public static void main(String[] args) {
      try {
         ServerSocket sock = new ServerSocket(6013);

         // now listen for connections
         while (true) {
            Socket client = sock.accept();

            PrintWriter pout = new
             PrintWriter(client.getOutputStream(), true);

            // write the Date to the socket
            pout.println(new java.util.Date().toString());

            // close the socket and resume
            // listening for connections
            client.close();
         }
      }
      catch (IOException ioe) {
         System.err.println(ioe);
      }
   }
}
```

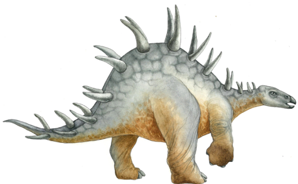
Comunicação por socket em Java

```
public class DateClient
{
   public static void main(String[] args) {
      try {
         //make connection to server socket
         Socket sock = new Socket("127.0.0.1",6013);

         InputStream in = sock.getInputStream();
         BufferedReader bin = new
            BufferedReader(new InputStreamReader(in));

         // read the date from the socket
         String line;
         while ( (line = bin.readLine()) != null)
            System.out.println(line);

         // close the socket connection
         sock.close();
      }
      catch (IOException ioe) {
         System.err.println(ioe);
      }
   }
}
```

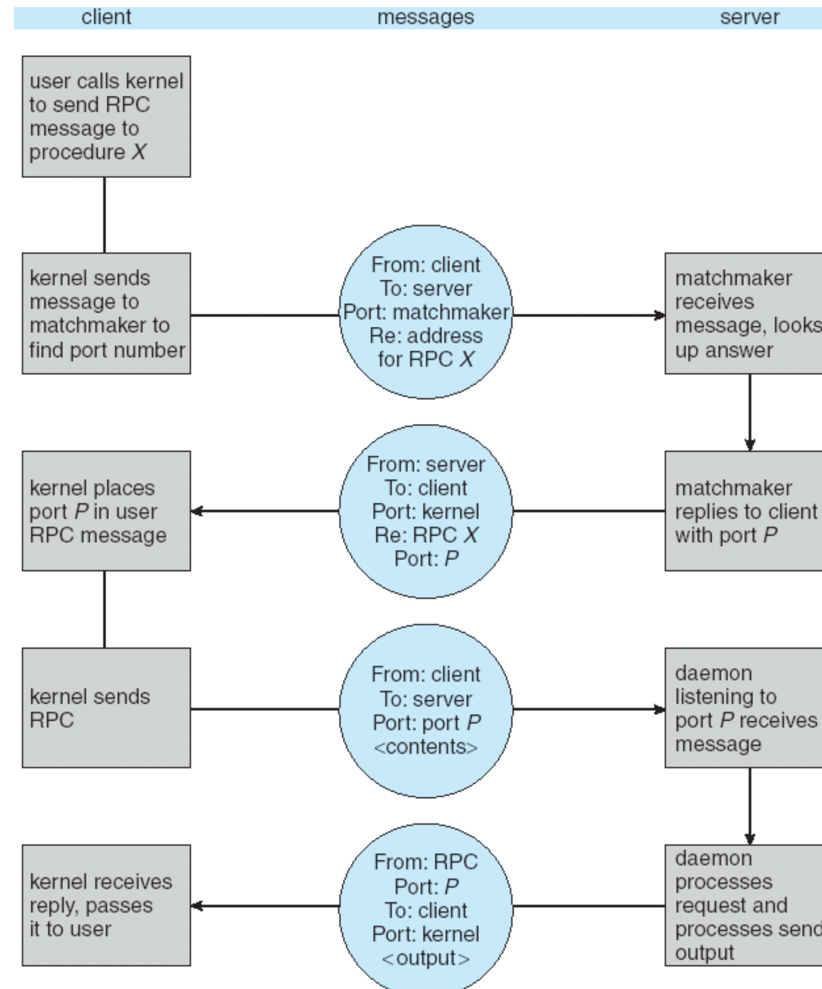


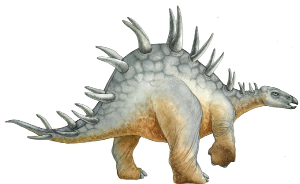
Chamadas de procedimento remoto

- Chamada de procedimento remoto (RPC) passa chamadas de procedimento entre processos nos sistemas em rede.
- **Stubs** – proxy no cliente para o procedimento real no servidor.
- O stub no cliente localiza o servidor e *organiza* os parâmetros.
- O *skeleton* no servidor recebe essa mensagem, desempacota os parâmetros organizados e realiza o procedimento no servidor.



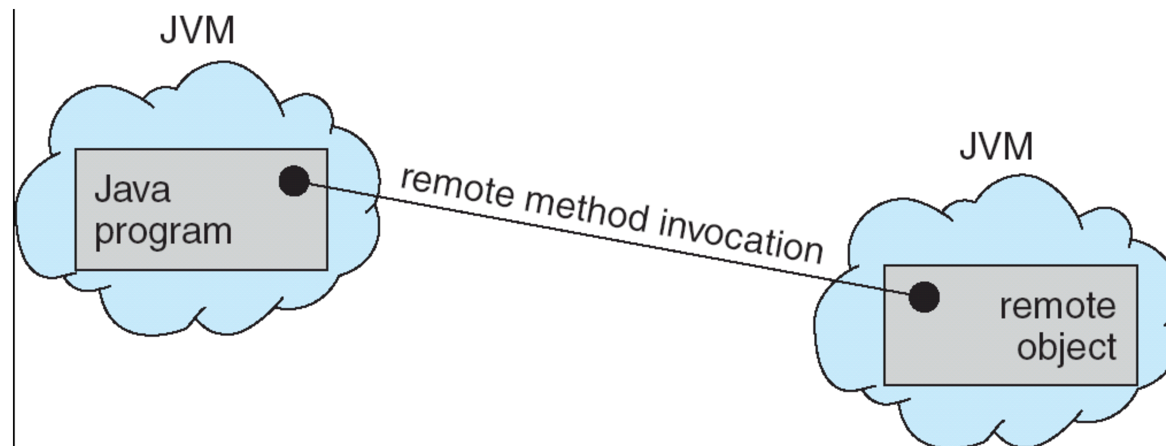
Execução da RPC

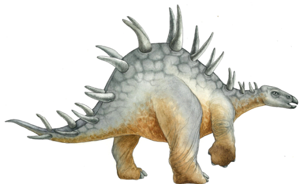




Invocação de método remoto

- Invocação de método remoto (RMI) é um mecanismo da Java semelhante às RPCs.
- RMI permite que um programa Java em uma máquina chame um método em um objeto remoto.





Organização de parâmetros

Client

Stub

Skeleton

RemoteObject

val = Server.remoteMethod(A,B)

parcel

A,B, remoteMethod

remoteMethod(A,B)

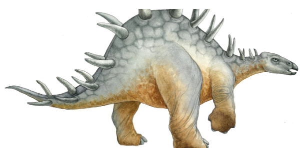
boolean

time

parcel

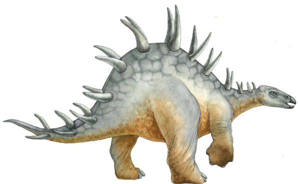
boolean return value

boolean



Exemplo de RMI

```
public interface RemoteDate extends Remote
{
   public abstract Date getDate() throws RemoteException;
}
```

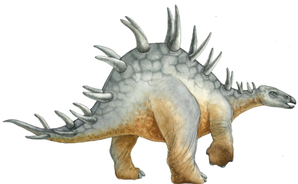


Exemplo de RMI

```
public class RemoteDateImpl extends UnicastRemoteObject
      implements RemoteDate
{
   public RemoteDateImpl() throws RemoteException { }

   public Date getDate() throws RemoteException {
      return new Date();
   }

   public static void main(String[] args) {
      try {
         RemoteDate dateServer = new RemoteDateImpl();

         // Bind this object instance to the name "DateServer"
         Naming.rebind("DateServer", dateServer);
      }
      catch (Exception e) {
         System.err.println(e);
      }
   }
}
```

Exemplo de RMI

```
public class RMIClient
{
   public static void main(String args[]) {
      try {
         String host = "rmi://127.0.0.1/DateServer";

         RemoteDate dateServer = (RemoteDate)Naming.lookup(host);
         System.out.println(dateServer.getDate());
      }
      catch (Exception e) {
         System.err.println(e);
      }
   }
}
```



Final do Capítulo 3

Silberschatz, Galvin and Gagne ©2007