Processos

Volnys Borges Bernal

volnys@lsi.usp.br

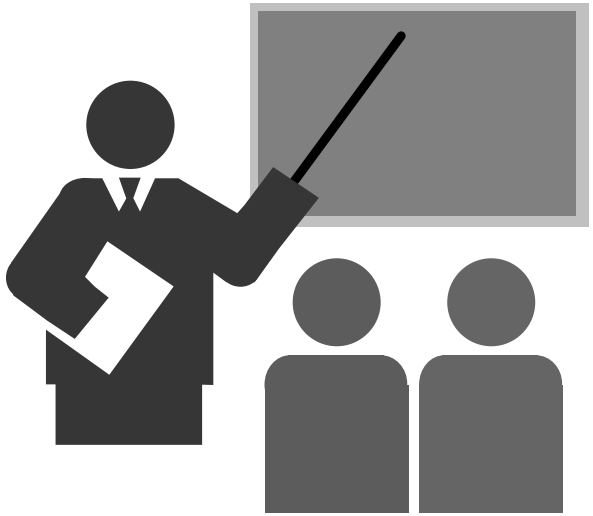
Departamento de Sistemas Eletrônicos (PSI)

Escola Politécnica da USP

Agenda

- Programa x Processo
  - Programa
  - Processo
- Concorrência x Paralelismo
- Áreas de memória de um processo
- Exemplo: processos no ambiente UNIX
- Troca de contexto
- Ciclo de vida dos processos
- Processos no ambiente UNIX
- Hierarquia de ativação de processos

Programa x Processo

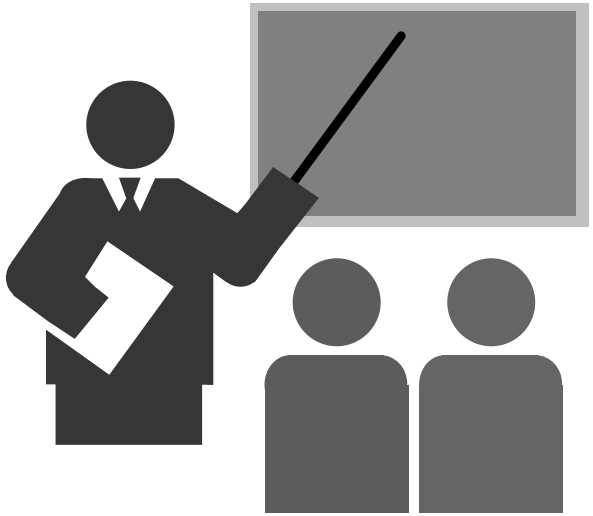


Programa x Processo

- **Programa**
  - **Seqüência de comandos e dados definidos para realizar uma tarefa**

- **Processo**
  - **Execução do programa**

Programa



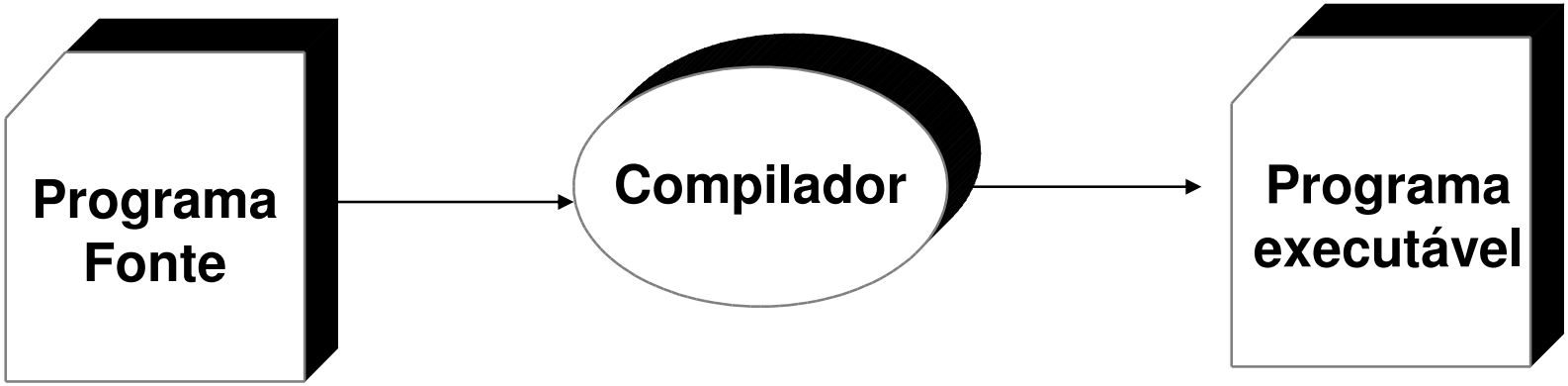
Programa

- Seqüência de instruções e dados que podem ser executados para realizar uma determinada tarefa

- Programa fonte
  - Codificação que contém comandos e dados
  - Sintaxe da codificação é realizada em uma linguagem de baixo nível (assembler) ou alto nível (C, Pascal, Fortran, Java, ...)

- Programa executável
  - Codificação que contém as intruções de máquina e dados
  - Sintaxe da codificação é a linguagem de máquina (linguagem do processador).

Programa



Armazenado em arquivo

Contém uma de dados e comandos em linguagem de alto nível representados como uma seqüência de caracteres ASCII.

Armazenado em arquivo

Contém uma seqüência de instruções e dados codificados em linguagem de máquina

Exercício

(1) Quais são as principais informações que um programa fonte contém?

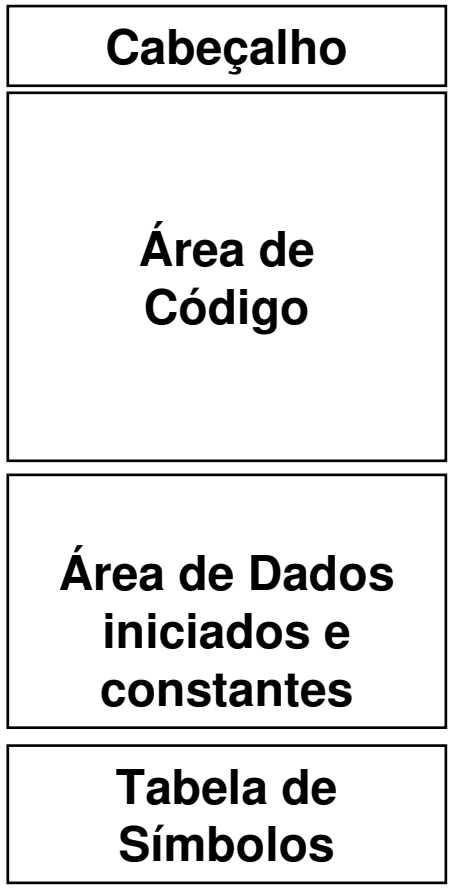
(2) Quais são as principais informações que um programa executável contém?

Programa

- **Seções de um arquivo de programa executável**
  - **Área de código**
    - Contém as instruções em linguagem de máquina
  - **Área de dados**
    - Dados iniciados
      - Contém as variáveis e estruturas globais que possuem valores definidos inicialmente
      - Constantes
    - Dados não iniciados
      - Variáveis e estruturas não inicializadas
  - **Tabela de símbolos**
    - Tabela que contém o símbolo (nome de função, nome de variável, nome de estrutura, nome de *label*, nome de constante, etc) e o endereço de memória virtual de cada símbolo.

Programa

- **Arquivo de programa executável**
  - **Denominação geralmente atribuída ao arquivo que armazena um programa executável**
  - **O formato do arquivo executável varia de acordo com o sistema operacional. De forma geral possui a seguinte estrutura:**



Estrutura geral de um arquivo executável

Programa

- **Arquivo de programa executável**
  - **Cabeçalho**
    - Estrutura localizada no início do arquivo
    - Informa:
      - Para a área de código
        - Tamanho da área de código
        - Início da área de código no arquivo
        - Endereço inicial de memória virtual na qual esta área deve ser carregada
      - Para a área de dados iniciados
        - Tamanho da área de dados iniciados
        - Início da área de dados iniciados no arquivo
        - Endereço inicial de memória virtual a partir da qual a área de dados iniciados deve ser carregada
      - Para a área de dados não iniciados
        - Tamanho da área de dados não iniciados
        - Endereço inicial de memória virtual a partir da qual a área de dados não iniciados deve ser alocada.
      - Para a área da pilha de execução:
        - Endereço inicial de memória virtual a partir da qual a pilha de execução será alocada
      - EntryPoint
        - Endereço da primeira instrução a ser executada.

Programa

- **Arquivo de programa executável**
  - **Área de código**
    - Contém a seqüência de instruções em linguagem de máquina a serem executadas
  - **Área de dados iniciados**
    - Contém
      - Variáveis e estruturas globais que possuem valores definidos inicialmente
      - Constantes
  - **Tabela de símbolos**
    - Tabela que contém o símbolo (nome de função, nome de variável, nome de estrutura, nome de label, nome de constante, etc) e o endereço de memória virtual de cada símbolo.

Exercício

(3) Compile e execute o programa "perimetro":

- **mkdir <mydir>**
- **cd <mydir>**
- **cp ~volnys/public/so/perimetro .**
- **ls –l**
- **cat perimetrol.c**
- **cc –o perimetro perimetro.c**
- **./perimetro**

(4) Em relação ao programa perimetro.c, identifique as variáveis ou estruturas relacionadas a:

- **Dado global inicializado**
  - Variável
  - Constante
- **Dado global não inicializado**
- **Dado local**

(5) Utilize o programa nm (nm –nA perimetro) e relacione as informações relativas às

- **Áreas do programa/processo**
- **Entry point (instrução inicial a ser executada)**
- **Símbolos e seus endereços de memória virtual**

Exercício

```
// Calculo do perimetro de uma circunferencia

#include <stdio.h>
float raio;
float per;
const float pi = 3.1415912;

float perimetro(float p)
  {
  p = 2 * pi * r;
  return(p);
  }

int main()
  {
  printf("Perímetro de um círculo.\n");
  printf("Entre com o valor do raio: ");
  scanf("%f",&raio);
  per = perimetro(raio);
  printf("Perímetro: %3.2f \n", per);
  }
```

Exercício

- **Compilação**

  - **Para compilar:**

```
cc  -o perimetro  perimetro.c
```

Compilador C *output* *Nome do fonte*

  - **Para executar:**

```
./perimetro
```

Exercício

(6) Compile e execute o programa fatorial:

- **mkdir <dir>**
- **cd <dir>**
- **cp ~volnys/public/so/fatorial.c .**
- **ls –l**
- **cat fatorial.c**
- **cc –o fatorial fatorial.c**
- **./fatorial**

(7) Em relação ao programa fatorial.c, identifique as variáveis ou estruturas relacionadas a:

- **Dado global inicializado**
  - Variável
  - Constante
- **Dado global não inicializado**
- **Dado local**

(8) Utilize o programa nm (nm –nA fatorial) e relacione as informações relativas às

- **Áreas do programa/processo**
- **Entry point (instrução inicial a ser executada)**
- **Símbolos e seus endereços de memória virtual**

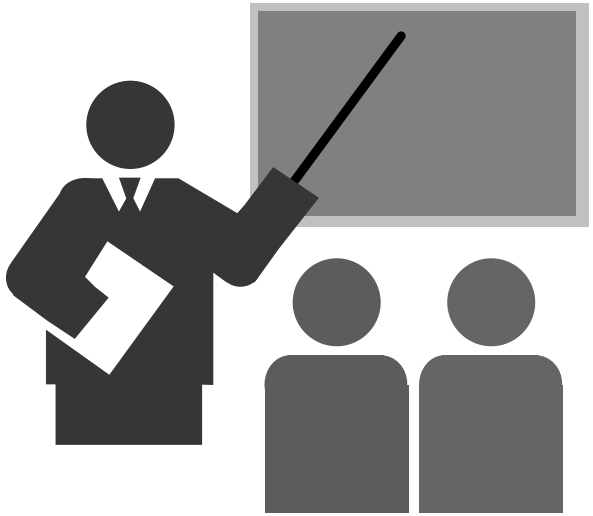
Exercício

```
#include <stdio.h>
char versao[] = "2.1";
int n;
int resultado;

int fatorial (int x)
  {
  int y;

  if (x <= 1)
    y = 1;
  else
    y = x * fatorial(x-1);
  return(y);
  }

int main(int argc, char **argv)
  {
  printf("Programa fatorial, versao %s \n", versao);
  printf("Entre com o valor: " );
  scanf("%d",&n);
  resultado = fatorial(n);
  printf("Resultado: %d \n",resultado);
  }
```

Programa

- **Exemplo de programas no UNIX**
  - **O diretório /bin contém vários utilitários do sistema.**
  - **Listando este diretório (`ls -l /bin`) é possivel identificar os arquivos executáveis de alguns programas utilitários:**
    - utilitário ls é armazenado no arquivo `/bin/ls`
    - utilitário cat é armazenado no arquivo `/bin/cat`
    - utilitário csh é armazenado no arquivo `/bin/tcsh`

Processo



Processo

- **Processo**
  - **Um programa sendo executado**
  - **Possui um contexto (informações) como:**
    - Informações de controle
      - Geralmente armazenadas na tabela de processos
      - Informações:
        - identificação única (pid - process identification)
        - Registradores
        - Estado do processo
        - Identificação do usuário
        - Terminal do qual foi disparado
    - Áreas de memória
      - Área de código
      - Área de dados
      - Área da pilha de execução
      - Outras áreas de memória

Processo

- **Processo**
  - **Um programa sendo executado**
  - **Possui um contexto (informações) como:**
    - Contexto de software
      - Espaço de endereçamento
        - Área de código
        - Área de dados
        - Área da pilha de execução
      - Informações de controle mantidas pelo S.O
        - Identificação do processo (pid)
        - Identificação do usuário dono do processo
        - Estado do processo
        - ...
    - Contexto de hardware (valores dos registradores)
        - PC (program counter - contador de programa)
        - SP (stack pointer – ponteiro para a pilha de execução)
        - ST (status – estado)
        - Registradores de números inteiros e ponto flutuante

Processos

- **Exemplo:**
  - **Tabela de processos do UNIX**

- **Identificação do processo (PID)**
- **Valores de registradores**
  - PC, SP, Status, …
- **Estado do processo**
- **Data/hora de disparo**
- **Tempo de CPU ocupado**
- **Tempo de CPU ocupado pelos filhos**
- **Hora do próximo alarme**
- **Sinais pendenetes**
- **Localização das áreas de memória:**
  - Área de código (text)
  - Área de dados
  - Área de dados dinâmica
  - Área da pilha de execução
- **Estado de retorno**
- **Estado do sinal**
- **Processo pai**
- **Identificação do "process group"**
- **Identificação do usuário (UID)**
- **Identificação do grupo do usuário (GID)**
- **Effective UID**
- **Effective GID**
- **Umask**
- **Diretório raíz**
- **Diretório de trabalho**
- **Descritores de arquivos abertos**

Exercício

(9) Uma das áreas criadas alocadas quando um processo é disparado é a pilha de execução. A pilha de execução possibilita realizar o controle de ativação das subrotinas. A cada ativação de uma subrotina é criado um "quadro" (relacionado à esta instância da execução da subrotina) na pilha de execução do processo. Neste quadro ficam localizadas, dentre outras, as seguintes informações :

- **arqumentos da subrotina;**
- **endereço de retorno da subrotina;**
- **variáveis locais da subrotina;**

Simule a execução do programa fatorial com o valor 3, mostrando a evolução dos valores das variáveis globais e da pilha da execução.

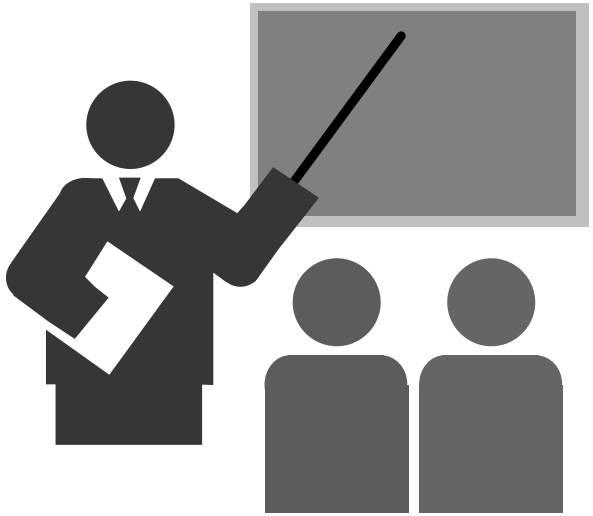
Processos

- **Visão geral dos processos**
  - **Processo é uma abstração criada pelo Sistema Operacional**
  - **O sistema operacional é o responsável pelo gerenciamento dos processos no sistema.**

Processos

- **Visão geral dos processos**
  - **Sistemas de computação modernos criam a ilusão de que vários processos (aplicações) executam ao mesmo tempo no sistema.**
  - **Na realidade, em sistemas monoprocessadores, em um determinado instante existe somente um programa sendo executado pela CPU.**
  - **O sistema operacional gerencia o uso da CPU de forma que seja executado "um pouco" de cada processo por vez. Este chaveamento entre os processos é tão rápido que cria a ilusão de que os processos executam simultaneamente.**

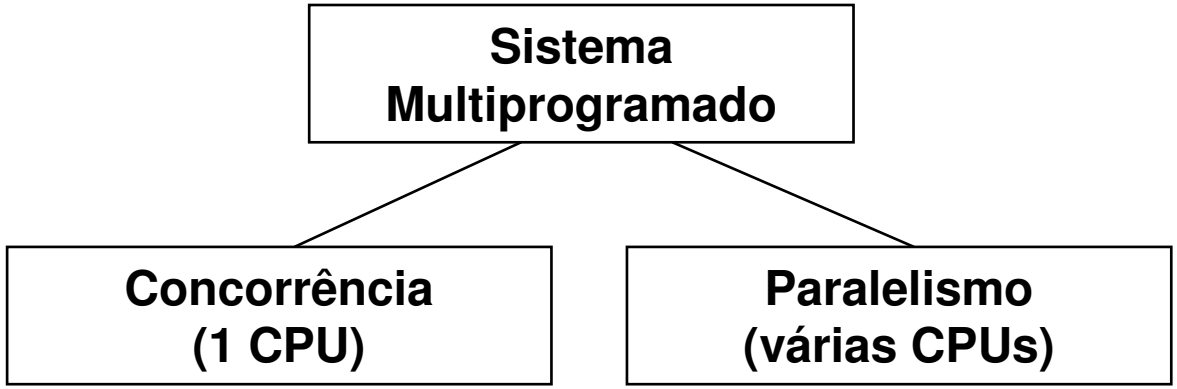
Concorrência x Paralelismo



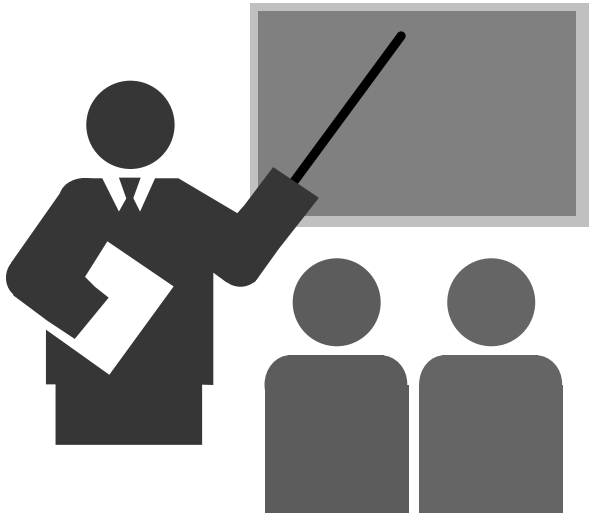
Concorrência x Paralelismo

- **Concorrência**
  - **Pseudo paralelismo**
  - **Ilusão de execução simultânea de processos devido ao rápido chaveamento entre suas execuções em uma única CPU**

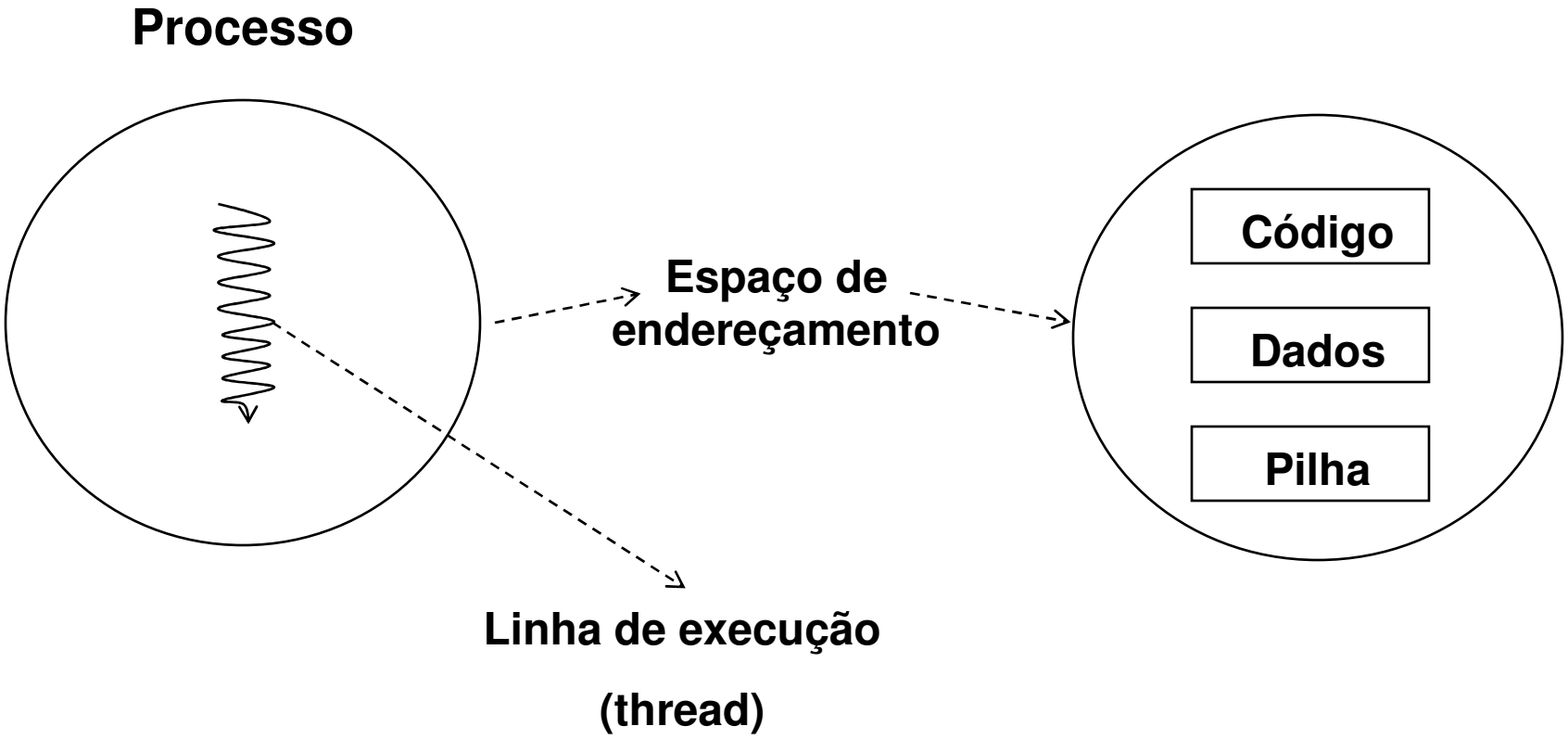
- **Paralelismo**
  - **Paralelismo real**
  - **Em sistemas com mais que uma CPU cada uma pode estar executando um processo efetivamente em paralelo.**



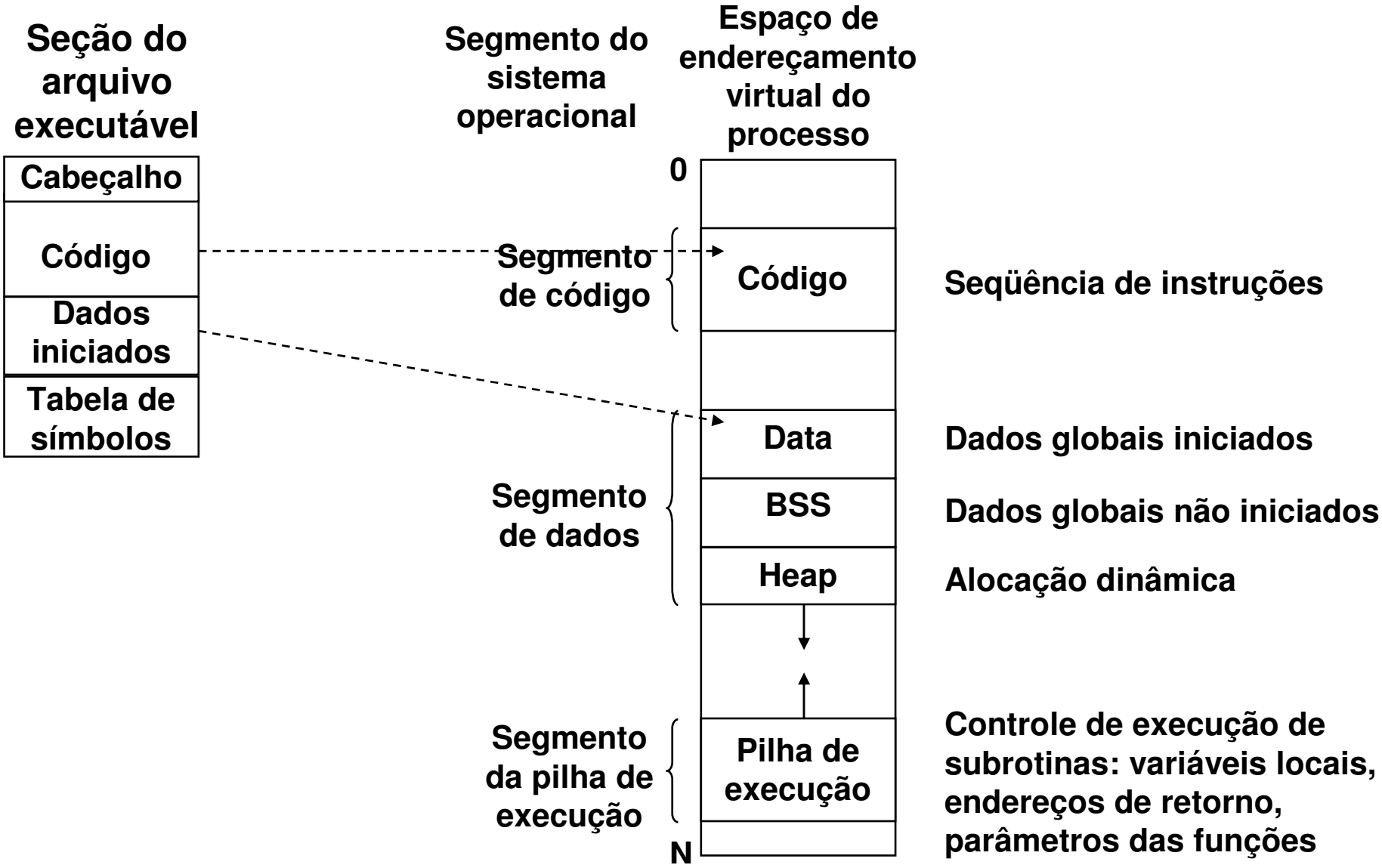
Áreas de memória de um processo



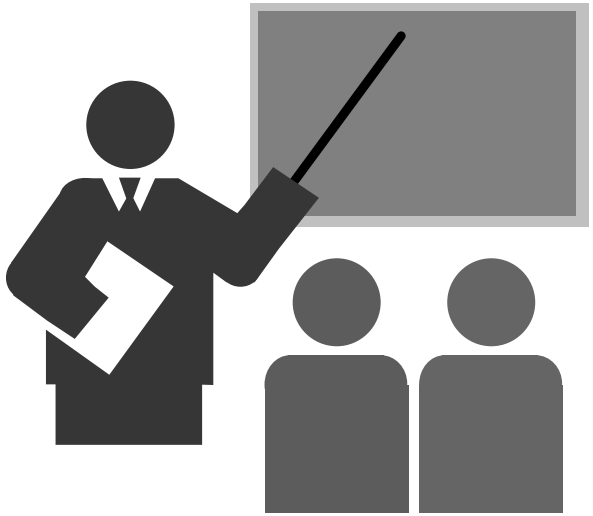
Áreas de memória de um processo



Áreas de memória de um processo: Exemplo UNIX



Exemplo:
Processos no ambiente UNIX



Exemplo: Processos no ambiente UNIX

- **Utilitário ps**

  - **Descrição**
    - "*Process Status*"
    - Permite mostrar informações dos processos

  - **Sintaxe**

    ```
    ps [fuxa]
    ```

  - **Opções**

x	"x", inclui processos que não possuem terminal de controle
a	"all", mostra todos processo, inclusive de outros usuários
f	mostra relação pai-filho
u	"user oriented output": mostra campos USER, %CPU, %MEM, SZ, RSS and START

Exemplo: Processos no ambiente UNIX

- Exemplos

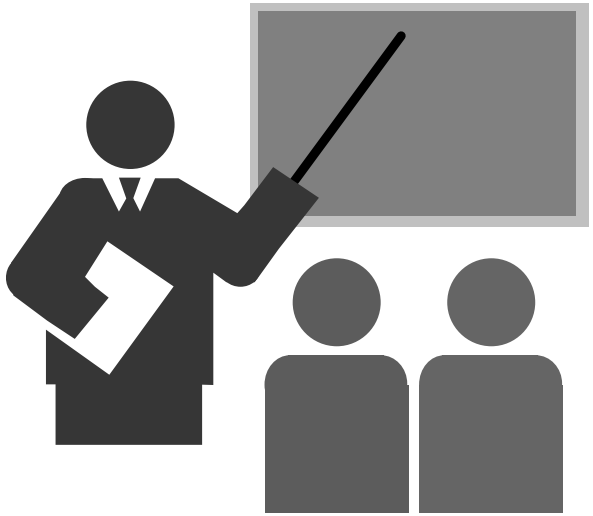
```
{terra|jose} ps x
{terra|jose} ps xa
{terra|jose} ps xau
PID TTY STAT TIME COMMAND
   1  ?  S    0:03 init
   2  ?  SW   0:00 (kflushd)
   3  ?  SW<  0:00 (kswapd)
   4  ?  SW   0:00 (md_thread)
 221  ?  S    0:00 crond
 232  ?  S    0:00 portmap
 210  ?  S    0:00 /usr/sbin/atd
 446   2 S    0:00 /bin/login -- aluno1
 464   2 S    0:00 -csh
 486   2 R    0:00 ps xa
{terra|jose}
```

Exemplo: Processos no ambiente UNIX

- **Informações apresentadas**

USER	**usuário dono do processo**
PID	***process identification* - identificação do processo**
%CPU	**porcentagem de tempo de CPU consumido recentemente**
%MEM	**porcent. da memória real (páginas) consumida recentemente**
SIZE	***size* - tamanho dos segmentos de dados e pilha (Kbytes)**
RSS	***resident set size* - memória efetivamente alocada (kbytes)**
TT	***tty* - terminal de controle, terminal do qual foi disparado**
STAT	***state* - estado do processo**
START	**horário de disparo**
TIME	**tempo (em seg.) consumido pelo processo desde seu início**
COMMAND	**linha de comando**

Troca de Contexto



Troca de Contexto

- **Contexto de um processo:**
  - **É o conjunto de informações relevantes à execução do processo:**
  - **Contexto de Hardware:**
    - Registradores da CPU
  - **Contexto de Software:**
    - Área de código
    - Área de dados
    - Área da pilha de execução
    - Identificação do processo (pid – process identification)
    - Estado
    - Prioridade
    - Conjunto de arquivos abertos
    - ....

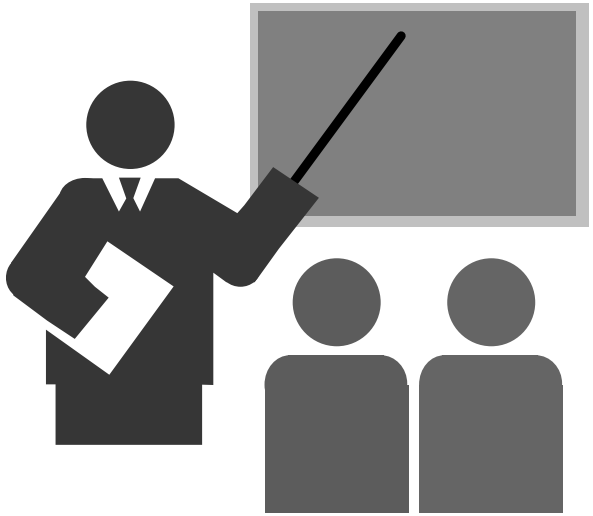
Troca de contexto

- **Contexto de um processo:**
  - **É o conjunto de informações relevantes à execução do processo:**
    - Contexto de software
      - Espaço de endereçamento
        - Área de código
        - Área de dados
        - Área da pilha de execução
      - Informações de controle mantidas pelo S.O
        - Identificação do processo (pid)
        - Identificação do usuário dono do processo
        - Identificação do terminal do qual foi disparado
        - Estado do processo
        - ...
    - Contexto de hardware (valores dos registradores da CPU)
        - PC (program counter - contador de programa)
        - SP (stack pointer – ponteiro para a pilha de execução)
        - ST (status – estado)
        - Registradores de números inteiros e ponto flutuante

Troca de Contexto

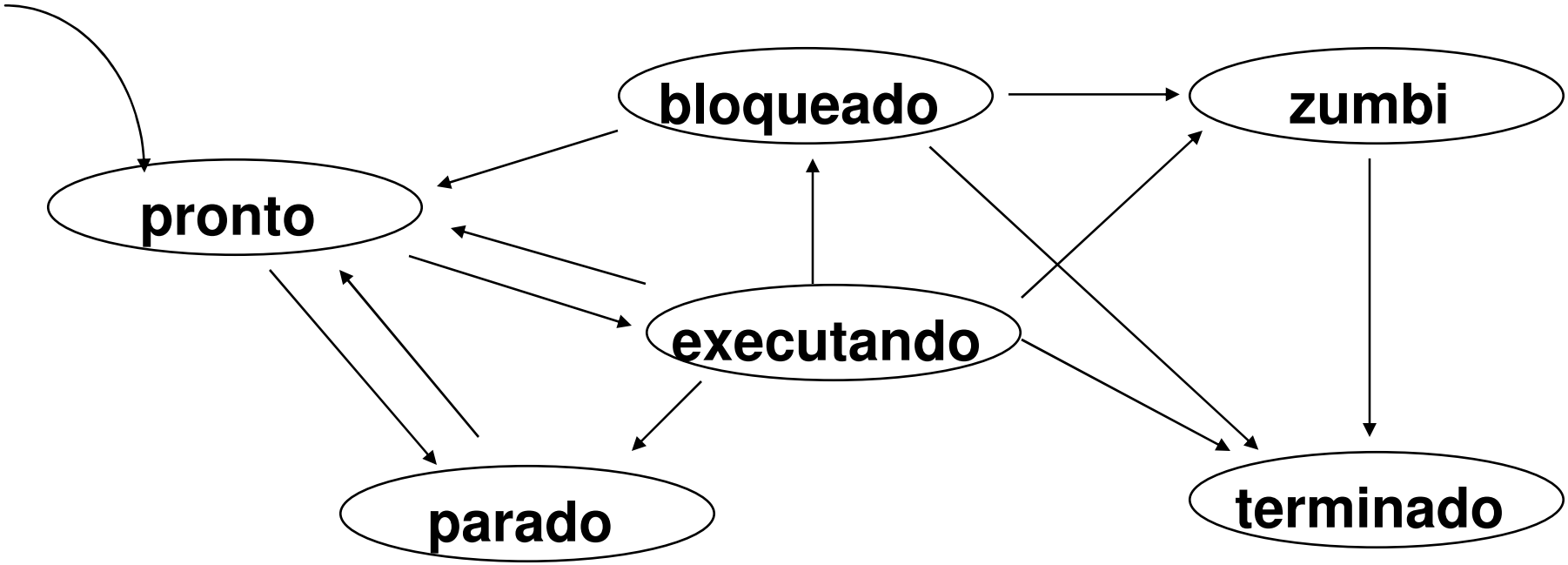
- **Troca de contexto**
  - **Atividade de mudança de contexto de processos em um ambiente de computação**
  - **Atividade realizada pelo Sistema Operacional**
  - **Envolve a troca de contexto de hardware e software de um processo:**
    - Salvamento do contexto do processo corrente
    - Retomada do contexto do outro processo

Ciclo de Vida dos Processos



Ciclo de Vida dos Processos

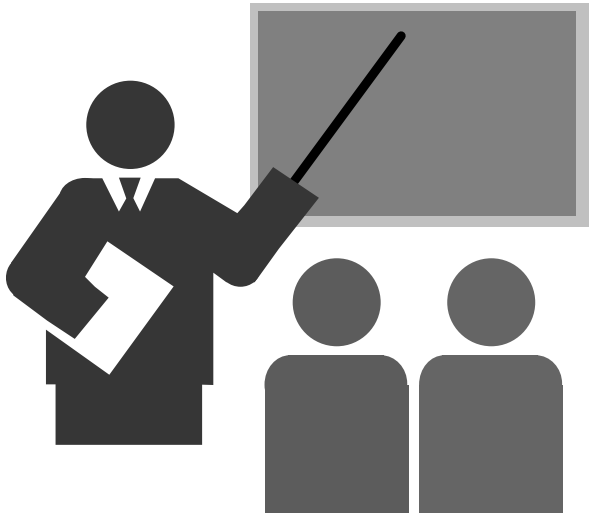
- Os processos, assim como qualquer entidade viva, possui um ciclo de vida:
  - Nasce, vive e morre
- Estados de um processo
  - Diagrama simplificado de transição de estados:



Ciclo de Vida dos Processos

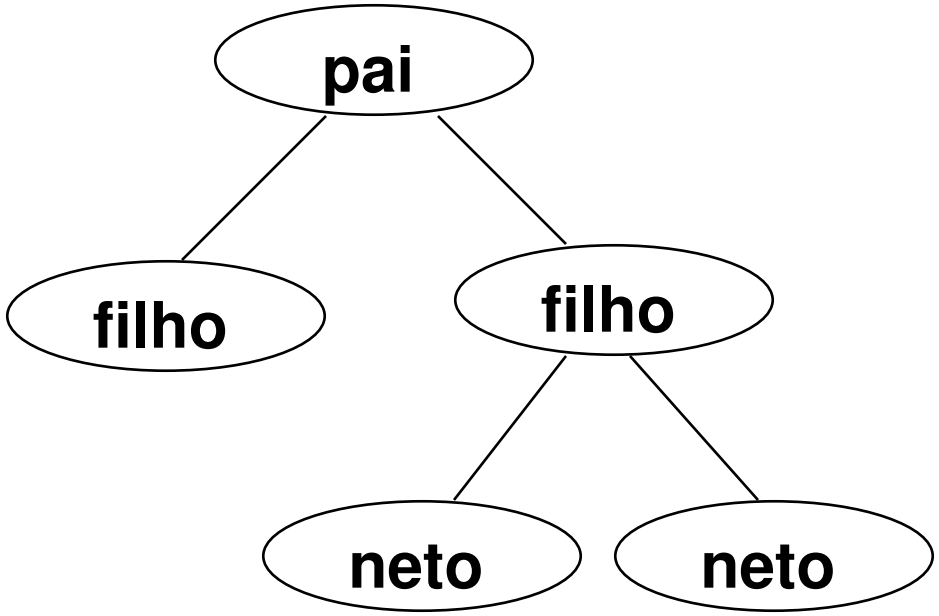
- **Estados dos Processos**
  - **Pronto**
    - O processo está pronto para executar. Não está executando porque a CPU está sendo utilizada por outro processo.
  - **Executando**
    - O processo está utilizando a CPU no momento
  - **Bloqueado**
    - O processo não pode continuar sua execução enquanto não ocorrer o evento pelo qual espera (ex, leitura de disco, ...)
  - **Parado**
    - O processo foi momentaneamente parado pelo usuário ou operador
  - **Zumbi**
    - O processo já terminou mas não foram liberadas suas informações de controle
  - **Terminado**
    - Processo já terminou e toda informação de controle foi liberada

Hierarquia de ativação de processos



Hierarquia de ativação de processos

- **Processos pai e filho**
  - **Seja um processo A que cria um processo B**
  - **O processo A é chamado processo pai do processo B**
  - **O processo B é chamado processo filho do processo A**



Exercício

(10) Utilize o comando “ps xa” do sistema Linux e relacione os processos ativos em sua máquina.

(11) Utilize o comando “ps fxa” e descreva a hierarquia de ativação dos processos ativos em sua máquina.

Exercício

(12) Seja o programa "fork1.c" mostrado no slide a seguir. Execute este programa e explique o que o programa realiza.

- **Para compilar:**

```
cc  -o fork1  fork1.c
```

Compilador C — *output* — *Nome do fonte*

- **Para executar:**

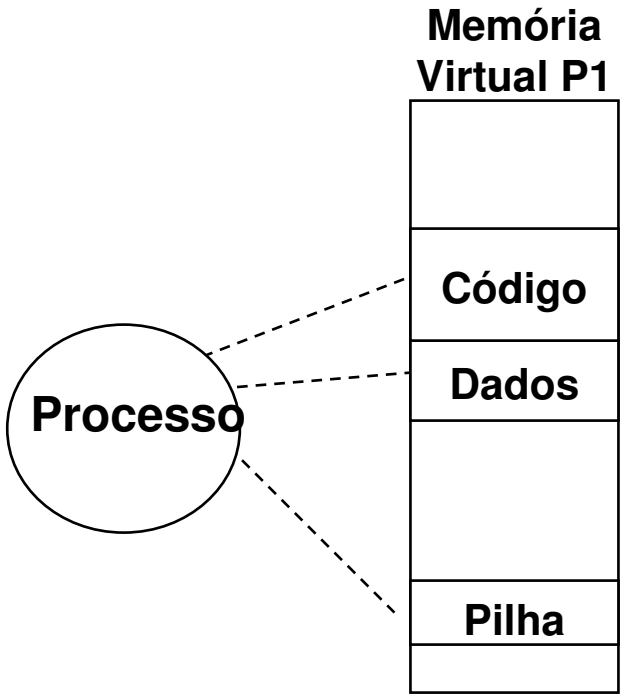
```
./fork1
```

Exercício

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

int i = 1;

int main()
    {
    pid_t status;

    printf("Programa de disparo de processos filho. \n");
    status = fork();
    printf("Apos a chamada fork(). \n");
    while (1)
        {
        printf("  Status = %5d,   i = %d \n",status,i);
        i++;
     sleep(2);
        }
    }
```

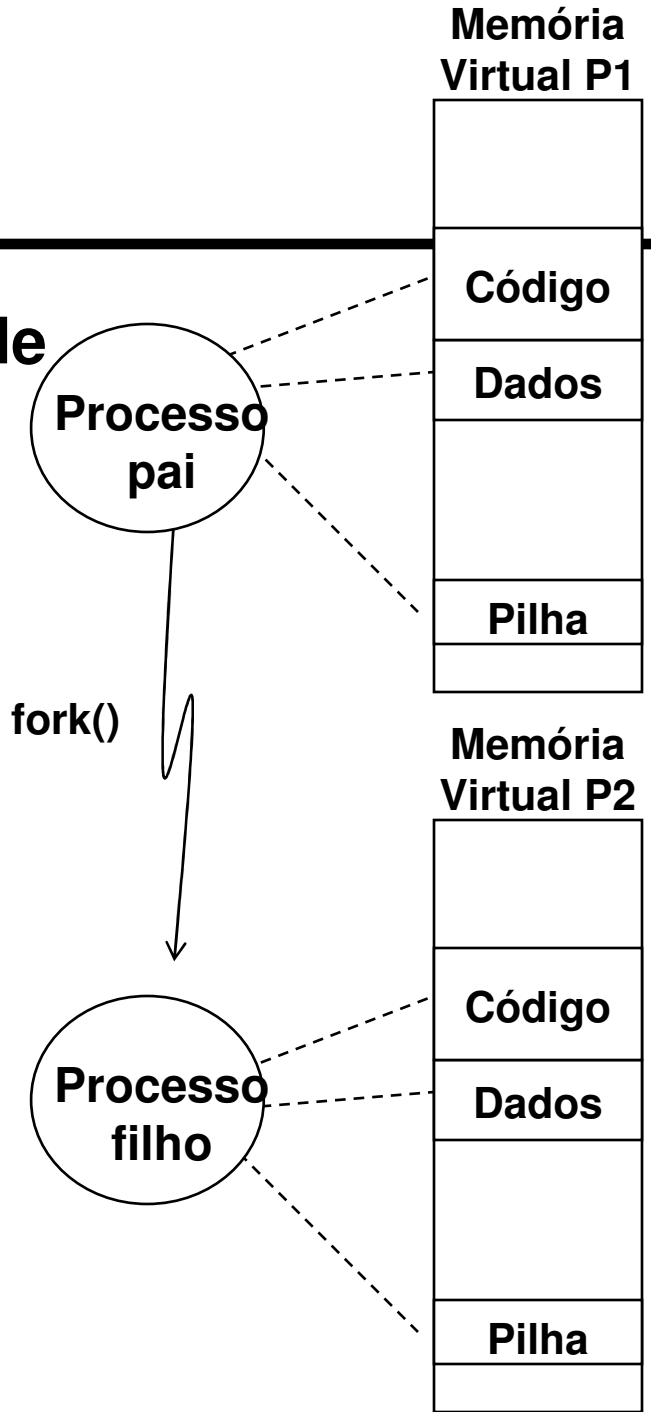
Exercício

- Duplicação de processos



Exercício

- Duplicação de processos



Exercício

(13) Seja o programa "fork2.c" mostrado no slide a seguir. Execute este programa e explique o que o programa realiza.

- **Para compilar:**

```
cc  -o fork2  fork2.c
```

Compilador C — *output* — *Nome do executável*

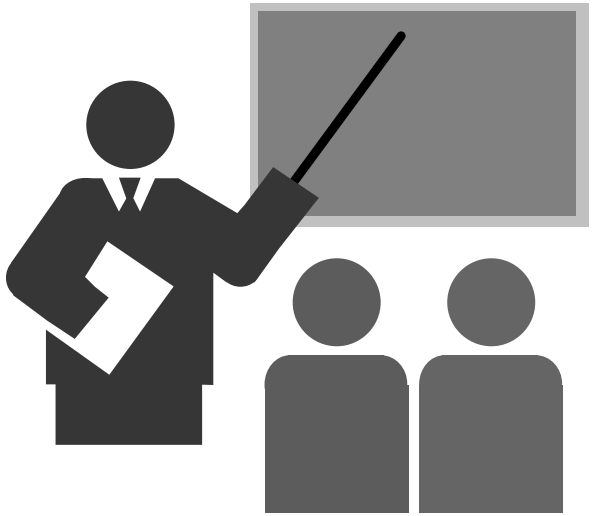
- **Para executar:**

```
./fork2
```

Exercício

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
int main() {
    pid_t pid;
    printf("Programa de disparo de processos filho. \n");
    pid = fork();
    if (pid == 0) {
       printf("Processo filho executando. \n");
       while (1)  {
         printf("Filho. \n");
         sleep(2);
         }
       }
    else {
       printf("Processo pai executando: pid do filho = %d\n",pid);
       while (1) {
         printf("Pai. \n");
         sleep(2);
         }
       }
    }
```

Bibliografia



Bibliografia

- **Sistemas Operacionais Modernos**
  - **Andrews Tanenbaum**

- **Bibliografia complementar:**
  - **The Design of the UNIX Operating System**
    - Maurice J. Bach
    - Prentice-Hall Software Series, 1986