Fundamentos de Sistemas Operativos

ANDROID

2019-2020

Jorge Pais

Fundamentos de Sistemas Operativos

1. Introdução

O sistema operativo é o programa que mais utilização tem em qualquer computador. Seja qual for a área de funcionalidade de um utilizador do computador, desde a área meramente lúdica (jogos, mails, skype, etc) até à área de programador de sistemas (desenvolvimento de aplicações), todos eles utilizam um programa designado por sistema operativo. Os sistemas operativos mais conhecidos e utilizados são o UNIX, Linux e o Microsoft Windows.

Um computador é uma arquitetura hardware que engloba os módulos designados por microprocessador, memória e portos de entrada e saída, mostrados na figura 1.1. Um exemplo duma arquitetura é o arduino que foi um microsistema com que o aluno já trabalhou na disciplina de Computação Física da LEIM.

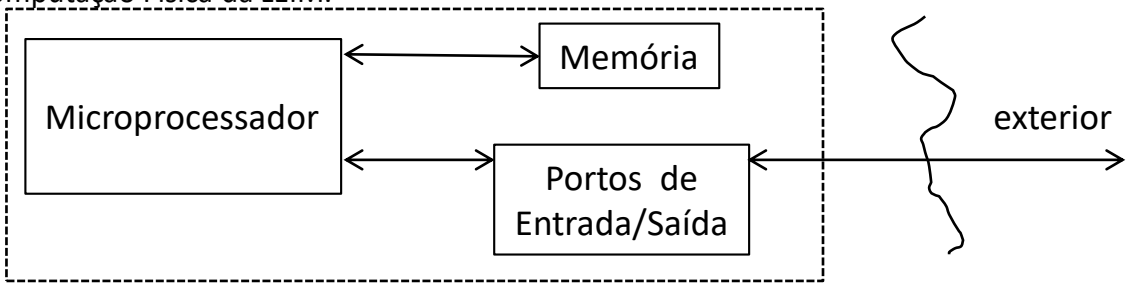


Figura 1.1: Uma arquitetura computacional básica.

A programação ao nível da linguagem máquina de um microprocessador é difícil e consome muito tempo. O mesmo se passa ao nível da configuração, gestão e partilha dos componentes hardware. Desta forma, o objetivo principal do programa designado por *sistema operativo* é facilitar e maximizar a gestão dos recursos hardware ao criar um nível de abstração ao utilizador designado por *máquina virtual*.

A utilização da *máquina virtual* permite manipular os *dispositivos hardware* de uma forma muito mais simples e intuitiva para os vários tipos de utilizadores tal como o ilustrado na figura 1.2.

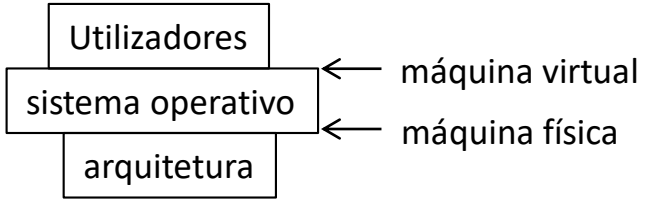


Figura 1.2: Os vários níveis de abstração.

Fundamentos de Sistemas Operativos

2. Tipos de Sistemas Operativos

2.1. Sistemas Operativos Mono-Utilizador

Os sistemas operativos mono-utilizador foram aqueles que inicialmente foram utilizados nos primeiros computadores pessoais, tais como o CPM da Digital Research ou o MS/DOS da Microsoft, estes já dos anos 80.

Estes sistemas operativos eram simples e tiveram o impato de tornar credível que os computadores poderiam ser utilizados nas mais diversas funções por utilizadores heterogéneos. Tiveram o impato de desmistificar o uso dos computadores que até então eram propriedade dos especialistas em informática.

2.2. Sistemas Operativos Multi-Utilizador

O primeiro sistema operativo multi-utilizador com grande divulgação e uso foi o Unix para computadores de médio porte que serviam de suporte a aplicações multi-utilizador, tal como a edição de notícias, etc.

Como o Unix é um sistema operativo proprietário, então foi desenvolvido o Linux como um sistema operativo com um modelo semelhante, mas *open source*, o que permitiu o desenvolvimento de muitas aplicações inovadoras e foi adotado em muitas universidades americanas e europeias.

Depois vem o sistema operativo Windows 3.1 da Microsoft que começou por ser uma evolução gráfica do MS/DOS mas que depois degenerou em múltiplas versões multi-utilizador e multi-processos, tais como o Windows 95 e 98, Windows XP, Windows Vista, Windows 7, 8 e 10.

É sobre estes sistemas operativos multi-utilizador, multi-processo e multi-programados que vai acentar o estudo da disciplina de Fundamentos de Sistemas Operativos

Fundamentos de Sistemas Operativos

3. Estudo de um Sistema Operativo

Um sistema operativo pode ser decomposto em camadas funcionais, cada camada é reponsável pela gestão eficiente de um recurso físico da máquina hardware. Estas camadas são um modo de definir a concepção de um sistema operativo duma maneira modular e estruturada, embora as camadas não sejam inteiramente disjuntas.

A abordagem ao sistema operativo vai ser feita de forma modular seguindo a hierarquia apresentada na figura 3.1.

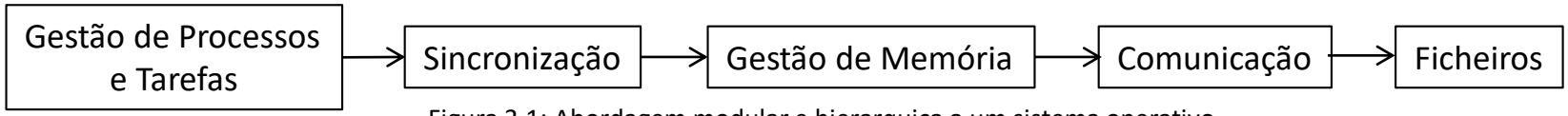


Figura 3.1: Abordagem modular e hierarquica a um sistema operativo.

Na disciplina de FSO vamos utilizar a linguagem Java para desenvolvimento de aplicações. Assim,o sistema operativo e cada uma das camadas funcionais vão ser exploradas utilizando a API disponibilizada pela linguagem de programação. A partir desta secção o estudo de cada camada vai ser direcionada e explorada a partir da linguagem Java que acenta na Java Virtual Machine ficando o código desenvolvido portável para vários hardware alvo, desde computadores até telemóveis.

3.1. Gestão de Processos e Tarefas

Por gestão de processos entende-se a partilha da máquina física por um conjunto de programas independentes ou inter-dependentes. Um processo é um programa que pode ser executado a partir do sistema operativo e que desenvolve uma determinada atividade no computador, por exemplo os editores de texto (Word, Ultraedit, NotePad, etc), os compiladores de linguagens de programação (C, C++, Java, etc), os editores de imagem (Photoshop, Paint, Illustrator, etc), os programas de comunicação (Messenger, Skype, WhatsApp, etc). Todas estas aplicações são processos que partilham os recursos físicos duma máquina e que do ponto de vista dos utlizadores dum computador estão a ser executados em paralelo.

Um processo tem vários estados de funcionamento, o diagrama de estados de um processo está ilustrado na figura 3.2.

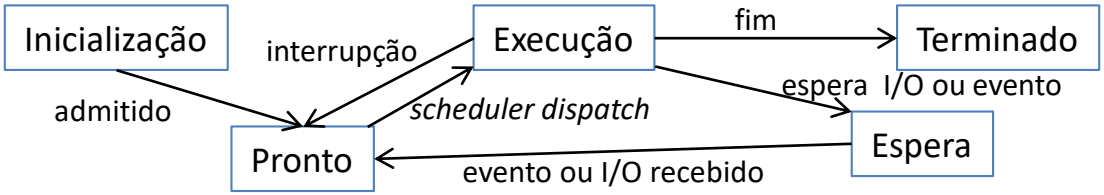


Figura 3.2: Diagrama de estados de um processo.

Inicialização – o processo foi criado mas espera a atribuição de recursos.
Pronto – espera a atribuição do processador.
Execução – está na posse da máquina física.
Espera - espera algum evento ou comunicação.
Terminado – a execução terminou e falta assinalar ao processo pai este acontecimento.

Fundamentos de Sistemas Operativos

3.1.1. Um processo em Java

Em Java, um processo pode ser criado utilizando a classe ProcessBuilder. Um processo é uma instância da classe ProcessBuilder tendo como parâmetro de entrada o "nomeProcesso" do tipo String. No parâmetro "nomeProcesso" consta o nome do processo executável mais o respetivo caminho (path). Por exemplo:

```
ProcessBuilder pb= new ProcessBuilder(nomeProcesso);  // cria um processo Win32 passado no parâmetro de entrada .
```

Em Java, um processo é lançado para execução utilizando o seguinte método:

```
Process p= pb.start();    // executa um processo
```

O código completo duma classe denominada "lancarEEsperarProcessoWin32" em Java para lançar um ou mais processos está descrito na figura 3.1.1.1.

```
public class lancarEsperarProcessoWin32{
   ProcessBuilder pb; Process p;
   public void lancarProcessoWin32(String s) {
      pb= new ProcessBuilder(s);
      try {                // executar o processo
          p = pb.start();
          System.out.println("Processo executando.");
      } catch (IOException e) { p= null; }
   }
    public void esperarFimProcessoWin32(){
       if (p!= null)
           try {
                 p.waitFor();
                System.out.println("Processo terminou.");
       } catch (InterruptedException e) { p= null; }
    }
```

```
 public static void main(String[] args) {
    lancarEsperarProcessoWin32 lep= new lancarEsperarProcessoWin32();
    lep.lancarProcessoWin32(("c:\\Windows\\system32\\mspaint.exe");
    lep. esperarFimProcessoWin32();
  }
}
```

Figura 3.1.1.1 – Classe em Java para lançar processos de sistema Win32.

Fundamentos de Sistemas Operativos

Um programa Java pode ser executado a partir do sistema operativo, desde que convertido num ficheiro .JAR executável. Para fazer esta operação, é necessário um programa Java que tenha um método run() que é a base da aplicação para convertê-lo num ficheiro com extensão .JAR executável. Por exemplo, em eclipse a produção do ficheiro .JAR é realizado através da seguinte sequência de comandos:

1. Selecionar File-> Export->Runnable JAR file ;
2. Clicar em NEXT;
3. Definir a Launch configuration dentro das opções disponibilizadas e definir o caminho(*path*) e nome do ficheiro executável com extensão .JAR;
4. Clicar em Finish.

O código completo duma classe denominada "lancarEEsperarProcessoJAVA" em Java executar um ou mais processos está descrito na figura 3.1.1.2.

```
public class lancarEEsperarProcessoJAVA{
        public static void main(String[] args) {
                // maneira de executar a partir do Java um processo JAVA
                Process p= null;
                try {
                      p= Runtime.getRuntime().exec("java -jar C:\\Users\\jpais\\Desktop\\T1.jar ");
                      System.out.println("T1 executando.");
                } catch (IOException e) { e.printStackTrace();  }
                If (p!= null) {
                   try {
                      // esperar pelo fim do processo T1
                      p.waitFor();
                      System.out.println("T1 terminou.");
                    } catch (InterruptedException e) { System.err.println(e.getMessage()); }
                 }
        }
}
```

Figura 3.1.1.2 – Classe em Java para lançar processos JAVA.

Fundamentos de Sistemas Operativos

3.1.2. Comunicação entre processos em Java

A comunicação em JAVA entre processos independentes (IPC – Inter-Process Communication) na mesma máquina pode ser realizado com as seguintes tecnologias:

- Memória partilhada;
- Sockets por TCP *(Transfer Control Protocol*);
- Sockets por UDP (User Datagram Protocol).

A comunicação entre máquinas diferentes é realizada pelas tecnologias:

- Sockets por TCP *(Transfer Control Protocol*);
- Sockets por UDP (User Datagram Protocol).

Função das técnicas a passagem da informação entre processos pode demorar mais ou menos tempo, os tempos para cada uma das técnicas são da seguinte ordem de grandeza:

Memória partilhada e 1 core de cpu:	1,5 microsegundos;
Memória partilhada e mais de 1 core de cpu:	0,7 microsegundos;
TCP e 1 core de CPU :	30 microsegundos;
TCP e mais de 1 core de CPU :	22 microsegundos;
UDP e 1 core de CPU:	5 microsegundos;
UDP e mais de 1 core de CPU:	8 microsegundos.

Fundamentos de Sistemas Operativos

3.1.3. Comunicação entre processos com Memória Partilhada

A comunicação em JAVA entre processos independentes (IPC – Inter-Process Communication) na mesma máquina pode ser realizado de forma eficiente através de memória partilhada que em JAVA é designada por memória mapeada.

A memória mapeada em Java tem um modelo que mapeia numa área de memória virtual o conteúdo de um ficheiro. Esta memória pode ser manipulada como sendo um buffer normal sem necessidade das operações de leitura e escrita explícitas sobre ficheiro. O conteúdo desta memória pode ou não estar disponível na memória principal do processo, portanto o tempo de acesso aos dados pode variar um pouco com a utilização da memória mapeada.

A classe que suporta o conceito de memória mapeada é o tipo MappedByteBuffer que tem a seguinte definição:

public abstract class MappedByteBuffer extends ByteBuffer

Uma instância do tipo MappedByteBuffer representa um buffer de acesso direto com conteúdo igual ao de um ficheiro.

As instâncias de buffers do tipo MappedByteBuffer são criados através do método FileChannel.map e existem até as instâncias deixarem de existir no processo.

Qualquer processo JAVA pode alterar o conteúdo de um MappedByteBuffer.
Se o MappedByteBuffer for truncado ou fechado por um processo, a partir daqui, todos os processos deixam de aceder ao MappedeByteBuffer, gerando-se uma excepção de acesso.

A manipulação de um MappedByteBuffer é exatamente igual à de um Buffer. Apenas adiciona os seguintes métodos:

MappedButeBuffer force() – obriga a atualização da memória secundária com o conteúdo do buffer.
boolean isLoaded() – indica se o conteúdo do buffer está em memória principal.
MappedByteBuffer load() – carrega o conteúdo do buffer em memória principal.

Fundamentos de Sistemas Operativos

Exercicio: Implemente uma classe que permita a comunicação por memória partilhada entre processos JAVA no mesmo computador.

Resolução:

A memória partilhada em JAVA é uma memória mapeada de um ficheiro que tem de ser conhecido dos vários processos através do path e nome do ficheiro.

A classe tem o nome processoM e tem a composição mostrada na figura 3.1.3.1.

```
public class ProcessoM {
//  ficheiro
  File ficheiro;
// canal que liga o conteúdo do ficheiro ao Buffer
 FileChannel canal;
// buffer
MappedByteBuffer buffer;
// dimensão máxima em bytes do buffer
final int BUFFER_MAX= 30;

// construtor onde se cria o canal
ProcessoM(){ }

// recebe uma mensagem convertendo-a numa String
String receberMensagem() {}

// envia uma String como mensagem
void enviarMensagem(String) {}

// fecha o canal de comunicação
void fecharCanal() {}

// método run do processo
void run() {}
```

Figura 3.1.3.1 – Estrutura da classe ProcessoM.

Fundamentos de Sistemas Operativos

```
ProcessoM(){
        // cria um ficheiro com o nome comunicacao.dat
        ficheiro = new File("comunicacao.dat");

        //cria um canal de comunicação de leitura e escrita
        try {
            canal = new RandomAccessFile(ficheiro, "rw").getChannel();
        } catch (FileNotFoundException e) {e.printStackTrace(); }

        // mapeia para memória o conteúdo do ficheiro
        try {
            buffer = canal.map(FileChannel.MapMode.READ_WRITE, 0, BUFFER_MAX);
        } catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
}

// recebe uma mensagem convertendo-a numa String
String receberMensagem() {
        String msg=new String();
        char c;
         buffer.position(0);
        while (c= buffer.getChar()) != '\0')
            msg += c;
        return msg;
}
```

1 de 2

```
// envia uma String como mensagem
void enviarMensagem(String msg) {
   char c;
    buffer.position(0);
    for (int i= 0 ; i< msg.length() ; ++i){
       c= msg.charAt(i);
        buffer.putChar(c);
    }
    buffer.putChar('\0');
}

// fecha o canal entre o buffer e o ficheiro
void fecharCanal() {
    try {
            canal.close();
     } catch (IOException e) {
             e.printStackTrace();
     }
}
```

2 de 2

3.2. Processos leves ou Tarefas

Os processos leves ou tarefas executam-se só num computador e são partes de um único processo designado por processo-pai que os lança e executa. Os processos leves cooperam dentro dum processo-pai para realizar uma funcionalidade desejada em pseudo-paralelismo num processador de um core ou em paralelismo num processador com múltiplos-cores. Os processos leves concorrem e partilham os recursos do computador e podem partilhar os dados do processo-pai.

Como simplificação do texto, ao conceito de processo leve vamos abreviar e apenas designar como **Tarefa**.

3.2.1. Tarefa em Java

Um processo pode ser desenhado de modo a conter múltiplas tarefas. Uma tarefa é a implementação de uma atividade dentro de um processo tendo uma estrutura de dados e código independente das outras tarefas. Uma tarefa em Java pode ser implementada como uma classe Java que deriva da classe Thread herdando assim todos os métodos desta classe.

A classe Thread é acedida através da biblioteca *java.lang.Thread* e tem a declaração *public class Thread extends Object implements Runnable.*

Uma classe que derive da class Thread é uma tarefa que se executa dentro duma aplicação ou processo-pai. A máquina virtual Java permite a execução de várias tarefas (Threads) dentro de um processo.

Há duas maneiras para definir uma classe do tipo Thread, que de seguida se explica.

Fundamentos de Sistemas Operativos

1. Uma das maneiras é a seguinte:

```
public class controlarRobot1 extends Thread {
  ArrayList<String> comandos;
  controlarRobot1() {
    comandos= new ArrayList<String>();
  }
  run() {
     /* interpretar e executar os comandos */ }
  }
}
```

O modo para criar e lançar uma instância da classe controlarRobot1 é a seguinte:

```
controlarRobot1 cr1= new controlarRobot1();      // cria uma instância da classe controlarRobot1
cr1.start();                                      // executa o método run() da classe controlarRobot1
```

2. A outra maneira alternativa é:

```
public class controlarRobot2 implements Runnable {
   ArrayList<String> comandos;
   controlarRobot2() {
      comandos= new ArrayList<String>();
   }
   run() {
      /* interpretar e executar os comandos */ }
   }
}
```

A maneira para criar e lançar uma instância da classe controlarRobot2 é a seguinte:

```
controlarRobot2 cr2= new controlarRobot2();      // cria uma instância da classe controlarRobot2
new Thread(cr2).start();                         // executa o método run() da classe controlarRobot2
```

3.2.2. Sincronização entre Tarefas

A comunicação entre tarefas exige sincronização, porque o tempo de processamento de cada tarefa e a sua execução é imprevisivel num computador, as tarefas executam-se de forma assíncrona. Portanto, para se conseguir êxito na cooperação entre as várias tarefas é preciso haver pontos de sincronismo nas atividades. Um ponto de sincronismo, é um ponto no código em que uma tarefa espera por outra tarefa em relação às atividades a executar.

Quando duas ou mais tarefas acedem nas suas atividades a recursos não partilháveis, como por exemplo, dispositivos de entrada/saída, canais de comunicação, ficheiros ou dados em memória, estes dispositivos devem ser protegidos do acesso simultâneo das várias tarefas. Uma das técnicas de programação para proibir o acesso simultâneo a um recurso físico é a técnica designada por exclusão mútua.

- Exclusão Mútua

O acesso ao robot utiliza o canal de comunicação bluetooth que é um recurso único no computador e se existirem duas tarefas no nosso computador que queiram aceder ao canal bluetooth este tem de ser feito em exclusão mútua. Por exemplo, analise o código da figura 3.2.2.1..

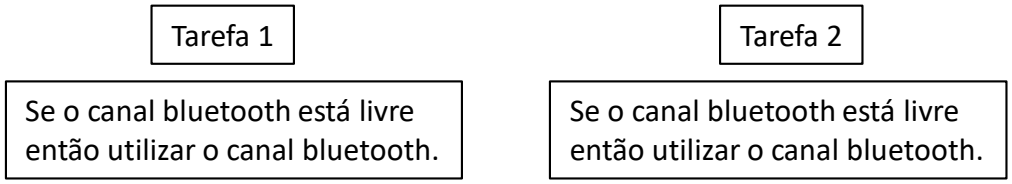


Figura 3.2.2.1 – Tarefas concorrentes a aceder a um canal bluetooth e ao mesmo recurso físico.

O código da figura 3.2.2.1. está errado porque permite que dois processos acedam ao canal bluetooth simultâneamente porque a execução de cada tarefa é independente da outra e o teste do canal bluetooth estar livre pode ser feito simultâneamente e ambas as tarefas avançarem para a utilização do canal bluetooth.

Fundamentos de Sistemas Operativos

O problema do acesso simultâneo de duas tarefas ao canal bluetooth estende-se a todos os recursos não partilháveis que incluem práticamente todos os periféricos, ficheiros para escrita e as áreas de dados que se pretendem modificar. Os recursos não partilháveis só podem ser acedidos por uma tarefa de cada vez, sendo o programa desenvolvido que deve de garantir esta exclusão mútua.

Se redesenharmos o pseudo-código das tarefas 1 e 2 da figura 3.2.2.1 para o código da figura 3.2.2.2.

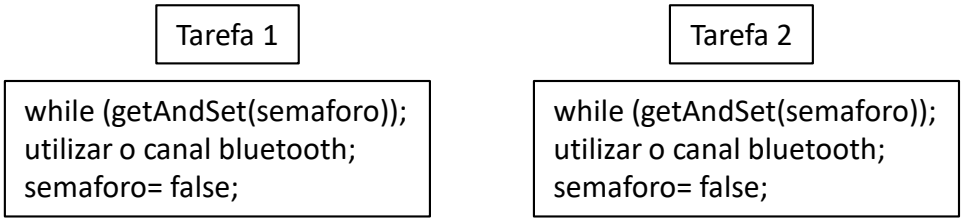


Figura 3.2.2.2 – Tarefas concorrentes a aceder a um canal bluetooth e ao mesmo recurso físico em exclusão mútua.

A exclusão mútua ao canal bluetooth é garantida pela variável "semaforo" que tem de ser conhecida pelos duas tarefas conjuntamente com a instrução getAndSet(AtomicBoolean) existente na máquina virtual Java. Esta instrução devolve o valor lógico da variável passada como parâmetro de entrada e afeta a variável com o valor true.

Com esta manipulação duma variável booleana garante-se que só uma tarefa acede ao canal bluetooth de cada vez, chamando-se a esta técnica de exclusão mútua entre tarefas num acesso a um recurso não-partilhável.

- Semáforos em Java

O conceito de semáforo foi introduzido por Dijkstra em 1965 e foi a primeira entidade que permitia a comunicação entre processos. A operação sobre um semáforo "s" que permite o incremento do seu valor inteiro designava-se originalmente por Dijkstra como *V(s) (abreviatura da palavra holandesa Verhogen que significa em português Incrementar)*, em terminologia anglo-saxónica por *signal(s)* e em java por *s.release()* sendo s do tipo semaphore. A operação sobre um semáforo "s" que permite o decremento do seu valor inteiro quando s>0, originalmente por Dijkstra designava-se por *P(s) (abreviatura da palavra holandesa Proberan que significa Testar)*, em terminologia anglo-saxónica por *wait(s)* e em Java por *s.acquire().*

Fundamentos de Sistemas Operativos

O acesso simultâneo de dois processos ao canal bluetooth resolvido em Java ficaria com o pseudo-código da figura 3.1.4.3.

Processo 1	Processo 2

semaforo.acquire();
utilizar o canal bluetooth;
semaforo.release();
	semaforo.aquire();
	utilizar o canal bluetooth;
	semaforo.release();

Figura 3.2.2.3 – Processos concorrentes em Java a aceder ao mesmo recurso físico em exclusão mútua.

O código da figura 3.2.2.3. pode provocar um deadlock nos dois processos caso o valor do semáforo tenha sido inicializado com zero unidades. Pois cada uma das tarefas quando executam o método acquire são suspensas e ficam na lista de espera do semáforo até que outro processo faça um *release*.

Quando os processos ficam à espera dum recurso e o recurso não é libertado por falha algoritmica ou outra falha qualquer, a esta situação designa-se por deadlock. E o efeito sentido pelo utilizador é a aplicação onde os processos estão inseridos falhar ou até mesmo parar a sua execução.

Para o código da figura 3.2.2.3 funcionar, no ato de criação do semáforo, este tem de ser criado com o valor inicial de 1 para não haver deadlock nas tarefas 1 e 2. Em java o código de inicialização de um semáforo com 1 unidade e o lançamento dos processos 1 e 2 é ilustrado na figura 3.2.2.4.

```
import  java.util.concurrence.Semaphore;
public static void main(String[] args) {
   Semaphore semaforo;
   Processo p1, p2;
   semaforo= new Semaphore(1);
   p1= new Processo(semaforo);
   p1.start();
   p2= new Processo(semaforo);
   p2.start();
}
```

```
public class Processo extends Thread{
   semaphore semaforo;
   Processo(semaphore s) {
      semaforo= s;
   }
   run() {
      while (true) {
            semaforo.acquire();
            utilizarCanalBluetooth;
            semaforo.release();
   }}
```

Figura 3.2.2.4

Fundamentos de Sistemas Operativos

Outra situação típica de deadlock quando vários processos utilizam os mesmos recursos não-partilháveis ou esperam uns pelos outros para completar certas acções, na figura 3.2.2.5 ilustra-se outro exemplo com dois semáforos e com duas tarefas.

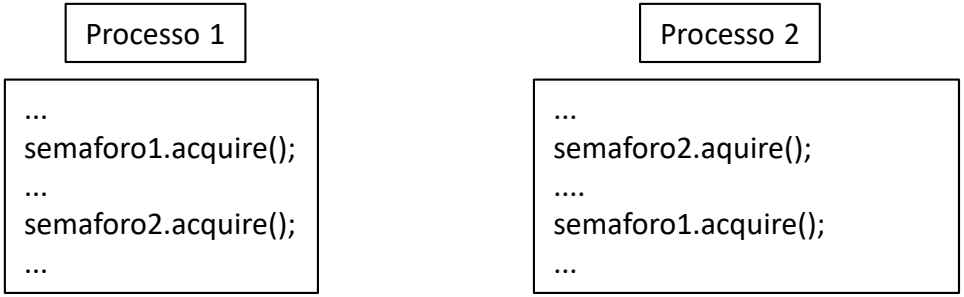


Figura 3.2.2.5 – Processos concorrentes em deadlock.

Considerando que os valores iniciais dos semáforos *semaforo1* e *semaforo2* têm o valor unitário, 1, e quando completam a primeira execução de *acquire* ficam reduzidos ao valor zero, 0, então na segunda execução do *acquire* os dois processos ficam suspensos em cada um dos semáforos à espera que alguém faça release. Como não existe mais nenhum processo, a execução dos dois processos é suspensa ocorrendo uma situação de deadlock.

A partilha de um semáforo é definida pelo seu valor inicial, se o valor for **unitário** apenas **um** processo o partilha e se o valor do semáforo for **n** então **n** processos podem partilhar o semáforo ou o recurso abrangido pelo semáforo.

A ilação mais importante destes exemplos é que o **deadlock** pode ocorrer como resultado de uma sequência incorreta de execuções de *acquire* sobre vários semáforos.

Existem sistemas de prova que permitem avaliar qual a probabilidade de acontecer deadlock numa determinada aplicação multi-processo. Estes sistemas de prova demonstram que seja qual for o fio de execução de um programa multi-processo para um dado semáforo inicializado com o valor N, é respeitada a condição no tempo:

Quantidade(acquire) <= Quantidade(release)+ N

garantindo-se assim que não existe deadlock.

A verificação desta condição para todos os semáforos numa aplicação multi-processo é uma tarefa bastante complexa, mas que hoje já se faz na produção e certificação de código para a indústria de microprocessadores e aeronáutica entre outras.

Fundamentos de Sistemas Operativos

Exercício: Considere um buffer circular de N posições no qual vários processos produtor pretendem colocar mensagens do tipo String e vários processos consumidor pretendem ler as strings. Pretende–se que desenhe três classes, uma classe BufferCircular, uma classe Produtor e uma classe Consumidor.

A classe BufferCircular com uma interface que possa ser utilizada pelos processos Produtor e Consumidor garantindo a integridade e não perda de informação na manipulação do Buffer. A solução para a classe BufferCircular é a seguinte:

```
public class BufferCircularString {
final int dimensaoBuffer= 4;
String[] bufferCircular;
int putBuffer, getBuffer;
// o semáforo elementosLivres indica se há posições livres para inserir Strings
// o semáforo acessoElemento garante exclusão mútua no acesso a um elemento
// o semáforo elementosOcupados indica se há posições com Strings válidas
Semaphore elementosLivres, acessoElemento, elementosOcupados;

public BufferCircularString(){
bufferCircular= new String[dimensaoBuffer];
putBuffer= 0;
getBuffer= 0;
elementosLivres= new Semaphore(dimensaoBuffer);
elementosOcupados= new Semaphore(0);
acessoElemento= new Semaphore(1);
}
```

1 de 2

```
public void inserirElemento(String s){
try {
elementosLivres.acquire();
acessoElemento.acquire();
bufferCircular[putBuffer]= new String(s);
putBuffer= ++putBuffer % dimensaoBuffer;
acessoElemento.release();
} catch (InterruptedException e) {}
elementosOcupados.release();
}

public String removerElemento() {
String s= new String();
try {
elementosOcupados.acquire();
acessoElemento.acquire();
} catch (InterruptedException e) {}
s= bufferCircular[getBuffer];
getBuffer= ++getBuffer % dimensaoBuffer;
acessoElemento.release();
elementosLivres.release();
return s;
}
```

2 de 2

Fundamentos de Sistemas Operativos

A solução para as classes Produtor e Consumidor são as seguintes:

```
public class Produtor extends Thread {
        BufferCircularString bufferCircular;
        String myString;
        Semaphore haTrabalho, livreMyString, ocupadaMyString, acessoMyString;
        Produtor(BufferCircularString bc, Semaphore ht) {
                bufferCircular= bc;
                haTrabalho= ht;
                myString= new String();
                LivreMyString= new Semaphore(1);
                ocupadaMyString= new Semaphore(0);
                acessoMyString= new Semaphore(1);
        }
        public void setString(String s){
                try {
                    livreMyString.acquire();
                    acessoMyString.acquire();
                } catch (InterruptedException e) {}
                myString= s;
                acessoMyString. Release();
                ocupadaMyString.release();
        }
        public void run() {
                while (true) {
                    try {
                        ocupadaMyString.acquire();
                        acessoMyString.acquire();
                    } catch (InterruptedException e) {}
                    bufferCircular.inserirElemento(myString);
                    acessoMyString. Release();
                    livreMyString.release();
                    haTrabalho.release();
                }
        }
}
```

1 de 2

```
public class Consumidor extends Thread {
        String  myString;
        BufferCircularString bufferCircular;
        Semaphore livreMyString, ocupadaMyString, haTrabalho, acessoMyString;
        public Consumidor(BufferCircularString bc, Semaphore ht) {
                bufferCircular= bc;
                haTrabalho= ht;
                myString= new String();
                livreMyString= new Semaphore(1);
                ocupadaMyString= new Semaphore(0);
                acessoMyString= new Semaphore(1);
        }
        public String getString() {
                try {    ocupadaMyString.acquire();
                         acessoMyString.acquire();
                } catch (InterruptedException e) {}
                String s= new String(myString);
                acessoMyString.release();
                livreMyString.release();
                return s;
        }
        public void run() {
                while (true) {
                        try {    haTrabalho.acquire();
                                 livreMyString.acquire();
                        } catch (InterruptedException e) {}
                        String s= new String(bufferCircular.removerElemento());
                        try { acessoMyString.acquire(); }
                        catch (InterruptedException e) {}
                        myString= s;
                        acessoMyString.release();
                        ocupadaMyString.release();
                }
        }
}
```

2 de 2

Fundamentos de Sistemas Operativos

- Monitores

Há métodos que devido à sua especificidade e implementação devem ser executados em exclusão mútua num sistema multi-processo.

Uma solução consiste na criação de um semáforo por cada método para garantir exclusão mútua no acesso a um método. Por exemplo,

```
Semaphore   AcessoExclusaoMutua1= new Semaphore(1);
. . .
void metodo1 throws InterruptedException() {
                    AcessoExclusaoMutua1.acquire();
                    // código do método
                    . . .
                    AcessoExclusaoMutua1. release();
}

Semaphore   AcessoExclusaoMutua2= new Semaphore(1);
. . .
void metodo2 throws InterruptedException() {
                    AcessoExclusaoMutua2.acquire();
                    // código do método
                    . . .
                    AcessoExclusaoMutua2. release();
}
. . .
```

Fundamentos de Sistemas Operativos

Outra solução para o acesso em exclusão mútua a métodos ou a um conjunto de instruções é o uso de monitores.

Os monitores têm como objetivo garantir que métodos sejam executados em exclusividade por multiplos processos e sem a complexidade inerente ao uso de semáforos que são fonte de erros na implementação de aplicações.
Os monitores nasceram na década de 70 e existem as seguintes variantes:

Monitor de Hoare - o processo que executa o acordar (processo que executa um dos métodos notify() ou notifyAll() em java) é bloqueado na fila interna do estado "pronto para execução"(ready) e o processo que acorda (processo que executou o método wait(), em java, estando bloqueado) é colocado em execução.

Monitor de Lampson ou Brinch-Hasson – o processo que executa o acordar (notify() ou notifyAll() em Java) continua em execução e o processo que foi desbloqueado ou os processos que foram desbloqueados são colocados na fila interna de processos do estado "pronto para execução" (ready).

Monitores em Java

Os monitores em Java são do tipo Lampson e são suportados pela própria linguagem. Cada objecto em Java tem associado um monitor que é implementado a partir duma flag lock. O acesso a esta flag lock é permitida através do uso da diretiva synchronized.
Os vários tipos de sincronização existentes são:

1. Sincronização ao método – com a utilização de synchronized antes da definição do método. Este método é executado apenas por um processo.

2. Sincronização ao bloco – com a utilização de synchronized aplicada a um bloco de código. Este bloco de código é definido como um conjunto de instruções que tem de ser executado em exclusividade.A utilização do método wait() serve para garantir que só um processo executa o bloco de código. Os métodos notify() e notifyAll() notificam outros processos que o bloco está disponível.
Para o exemplo da folha anterior, o código dos métodos metodo1 e metodo2 utilizando monitores Java ficaria,

```
synchronized void metodo1() {
        // código do método 1
        . . .
}
```

```
synchronized void metodo2() {
        // código do método 2
        . . .
}
```

Fundamentos de Sistemas Operativos

A classes Produtor e Consumidor com **synchronized no método:**

```
public class Produtor extends Thread {
        BufferCircularString bufferCircular;
        String myString;
        Semaphore haTrabalho, livreMyString, ocupadaMyString;
        public Produtor(BufferCircularString bc, Semaphore ht) {
                bufferCircular= bc;
                haTrabalho= ht;
                myString= new String();
                LivreMyString= new Semaphore(1);
                ocupadaMyString= new Semaphore(0);
        }
        public  synchronized void setString(String s){
                try { livreMyString.acquire();
                } catch (InterruptedException e) {}
                myString= s;
                ocupadaMyString.release();
        }
        private  synchronized void inserirString(String s) {
                try{ ocupadaMyString.acquire();
                } catch (InterruptedException e) {}
                bufferCircular.inserirElemento(s);
                livreMyString.release();
        }
        public void run() {
                while (true) {
                    inserirString(myString);
                    haTrabalho.release();
                }
        }
}
```

1 de 2

```
public class Consumidor extends Thread {
        String  myString;
        BufferCircularString bufferCircular;
        Semaphore livreMyString, ocupadaMyString, haTrabalho;
        public Consumidor(BufferCircularString bc, Semaphore ht) {
                bufferCircular= bc;
                haTrabalho= ht;
                myString= new String();
                livreMyString= new Semaphore(1);
                ocupadaMyString= new Semaphore(0);
        }
        public synchronized String getString() {
                try { ocupadaMyString.acquire();
                } catch (InterruptedException e) {}
                String s= new String(myString);
                livreMyString.release();
                return s;
        }
        private synchronized void obterString() {
                        try { livreMyString.acquire();
                        } catch (InterruptedException e) {}
                        myString= bufferCircular.removerElemento();
                        ocupadaMyString.release();
        }
        public void run() {
                while (true) {
                        try {   haTrabalho.acquire();
                        } catch (InterruptedException e) {}
                        obterString();
                }
        }
}
```

2 de 2

Fundamentos de Sistemas Operativos

A classe Produtor com **synchronized** abrangendo um conjunto de instruções**:**

```
public class Produtor extends Thread {
        BufferCircularString bufferCircular;
        String myString;
        Semaphore haTrabalho, livreMyString, ocupadaMyString;
        public Produtor(BufferCircularString bc, Semaphore ht) {
                bufferCircular= bc;
                haTrabalho= ht;
                myString= new String();
                LivreMyString= new Semaphore(1);
                ocupadaMyString= new Semaphore(0);
        }
        public  void setString(String s){
                try { livreMyString.acquire();
                } catch (InterruptedException e) {}
                synchronized (myString) {
                     myString= s;
                     myString.notify();
                }
                ocupadaMyString.release();
        }
        public void run() {
                while (true) {
                     try{ ocupadaMyString.acquire();
                     } catch (InterruptedException e) {}
                     synchronized(myString) {
                          try{ myString.wait();
                          } catch (interruptedException  e){}
                           bufferCircular.inserirElemento(myString);
                     }
                     livreMyString.release();
                     haTrabalho.release();
                }
        }
```

Fundamentos de Sistemas Operativos

4. Sistema de ficheiros

Um sistema de ficheiros de uso geral é um programa que é parte do sistema operativo e que tem por função gerir as entidades designadas por ficheiros. Um ficheiro é uma coleção de bytes que pode ser um programa, um texto, um conjunto de fotografias, uma música, etc. Um ficheiro é a entidade que é guardada e manipulada pelo sistema de ficheiros.

O suporte físico de um ficheiro pode ser um disco rígido, uma pen drive, uma fita magnética, etc, ou seja, qualquer dispositivo físico que permita o armazenamento permanente de bits. Os suportes físicos são organizados em blocos de dimensão fixa , por exemplo, 1kbyte, 2kbytes, 4 kbytes, etc. Estes blocos são tantos quantos a dimensão do dispositivo físico utilizado. No dispositivo físico também tem de existir uma tabela que descreve o estado dos blocos, ocupado ou livre. A tabela de descrição dos blocos bem como a informação constante nos blocos que constituerm um ficheiro são geridas pelo sistema de ficheiros.

Desta forma, o sistema de ficheiros deve disponibilizar as seguintes funcionalidades:

1. Criar e eliminar um ficheiro;
2. Leitura e escrita de um ficheiro;
3. Acesso a um ficheiro através de um nome lógico.
4. Gerir o espaço de memória ocupado pelo ficheiro no dispositivo físico de suporte para que a organização física do ficheiro seja abstrata ao utilizador.
5. Proteger os ficheiros contra falhas do sistema de suporte.
6. Segurança no acesso aos ficheiros.

Fundamentos de Sistemas Operativos

4.1 Suporte físico

O suporte físico mais comum de um sistema de ficheiros é um disco rigido que tem a estrutura interna apresentada na figura 4.1.1.

Figura 4.1.1 : Estrutura física de um disco rigido para armazenamento de dados binários.

Na figura 4.1.1, à esquerda observa-se as várias partes para controlo de um disco rigido. Ao centro, pode observar que um disco rigido pode ser constituido por vários pratos ou discos. À direita, observa a divisão física de cada prato ou disco que é dividido em pistas e cada pista é dividida em sectores. A unidade elementar de armazenamento de informação é o sector que pode armazenar 1Kbyte, 2Kbytes, 4Kbytes, etc, consoante a dimensão de cada disco.

Fundamentos de Sistemas Operativos

4.2 Definições

Um ficheiro é uma entidade abstrata identificada por um nome e que fisicamente contém valores binários organizados em bytes e que ocupa num disco o conjunto de sectores necessários para o armazenamento total do ficheiro. Por exemplo um ficheiro com 1Mbyte de dimensão para ser armazenado num disco com sectores de 4Kbytes ocupa no disco $10^6/4.10^3$= 250 sectores. Um sector físico geralmente dá lugar à noção abstrata de *cluster* que define a unidade mínima de ocupação de um ficheiro.

Os possíveis atributos de um ficheiro necessários à sua descrição são:

1. Nome do ficheiro – um conjunto de caracteres;
2. Extensão – um conjunto de 3 caracteres que define o tipo do ficheiro;
3. Proteção - Permissões de acesso;
4. Palavra Chave – conjunto de carateres que permite o acesso ao ficheiro;
5. Dono ou criador do ficheiro – o utilizador proprietário do ficheiro;
6. Directoria – é uma flag que indica se o ficheiro é uma diretoria ou um ficheiro de dados;
7. Tipo de acesso – indica o tipo de acções realizadas por quem acede ao ficheiro, só de leitura ou leitura e escrita;
8. Invisivel – flag que indica se o ficheiro é ou não invísivel nas listagens;
9. Ficheiro de Sistema – flag que indica se o ficheiro é normal ou de sistema;
10. Ficheiro de Arquivo – flag que indica se o ficheiro é normal ou de arquivo;
11. Acesso Aleatório – indica o tipo de acesso sequencial ou aleatório;
12. Ficheiro Temporário – indica que é um ficheiro persistente ou temporário;
13. Flag de lock – indica se o acesso ao ficheiro foi trancado por algum processo;
14. Primeiro sector – indica o primeiro sector onde começa a informação do ficheiro;
15. Data e hora da criação
16. Data e hora da última alteração
17. Data e hora do último acesso
18. Dimensão corrente
19. Dimensão máxima

Fundamentos de Sistemas Operativos

4.3 Volumes

Um disco pode ser linearizado, ver figura 3.2.3.1, em pistas e sectores que por sua vez podem descrever um ou mais volumes, como o mostrado na figura 3.2.3.2.

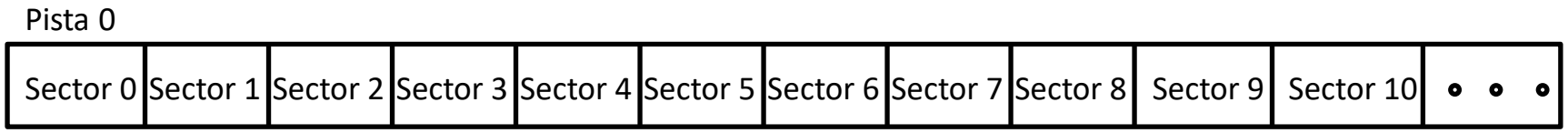


Figura 4.3.1: Linearização de uma pista de um disco

Figura 4.3.2: Disco com vários volumes.

A partição Master Boot Record de um disco contém quatro descritores de partições, cada descritor contém:

1. Active flag – indica se a partição está ativa ou não;
2. Início absoluto da partição – qual o sector onde começa a partição.
3. Dimensão da partição – a partir desta informação define-se o sector de fim da partição.
4. Tipo de partição.

A partição *Extended* pode conter várias partições lógicas. Cada partição lógica tem um *extended boot record* que a descreve. A última partição lógica é preenchida com zeros.

Fundamentos de Sistemas Operativos

4.4 Estrutura duma partição

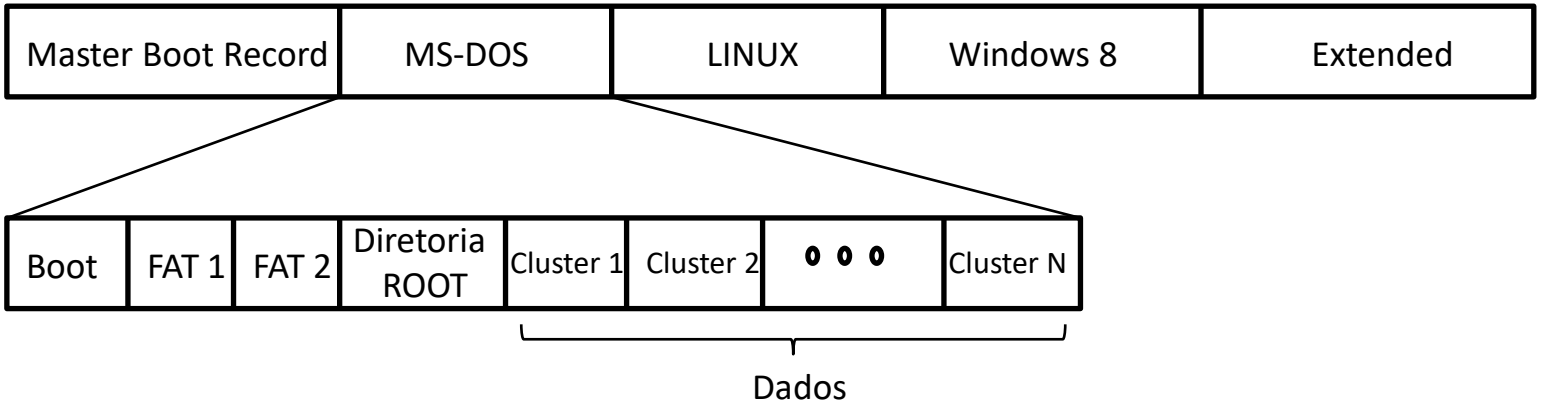


Figura 4.4.1: Estrutura duma partição.

Boot – É um setor com o código de arranque do sistema operativo e com as definições do volume.

FAT1 – File Allocation Table é uma tabela com informação acerca da ocupação e tipo dos clusters. Cluster é um bloco de informação.

FAT2 – É uma duplicação da FAT1 para garantir coerência na informação e aumentar a tolerância a falhas.

Diretoria ROOT – dimensão fixa com 512 entradas por omissão.

Clusters – Blocos de informação com uma dimensão multipla do sector.

Fundamentos de Sistemas Operativos

4.5 Estrutura duma diretoria

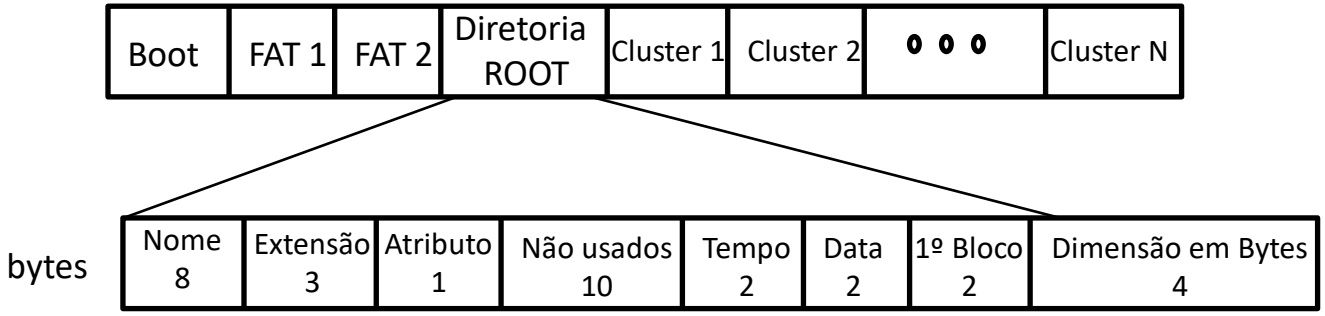


Figura 4.5.1: Estrutura duma diretoria.

Nome – Conjunto de 8 carateres.

Extensão – Conjunto de 3 carateres.

Atributo – Este caráter tem os seguintes valores e significados: A – Arquivo ; D – Diretoria; V – Nome do volume; S – *System Files*; H – *Hidden File*; R – *Read-Only*.

Tempo – hora da criação

Data – data da criação

1º Bloco - Informação de onde começa.

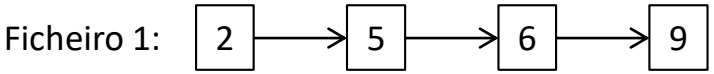
Dimensão em bytes – 2^{32} = 4Gbytes dimensão máxima de um ficheiro em FAT.

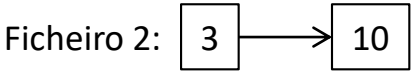
Fundamentos de Sistemas Operativos

4.6 Estrutura duma FAT

FAT

0	descritor	*Media descriptor*
1		Não usado
2	5	
3	10	
4	BAD	*Cluster* estragado
5	6	
6	9	
7	FREE	*Cluster* livre
8	FREE	
9	-1	Fim de ficheiro
10	-1	Fim de ficheiro





Cluster máximo 32Kbytes

Bits FAT	Nº Clusters	Espaço FAT	Máxima Dimensão
12	2^{12}	2^{12}x1,5=6KB	6Kx32K
16	2^{16}	2^{16}x2=128KB	128Kx32K
32	2^{28}	2^{28}x4=1GB	256Mx32K

Figura 4.6.1 - Estrutura duma FAT com 2 ficheiros e dimensões.

Fundamentos de Sistemas Operativos

4.7 Manipulação de Ficheiros em Java através de Input e Output Streams

Uma stream é uma entidade lógica que se comporta como um canal de leitura ou escrita com acesso a ficheiros ou a dispositivos de Entrada/Saída (*I/O devices*).

A hierarquia de classes para Leitura de ficheiros e dipositivos de entrada/saída está ilustrada na figura 3.3.1.

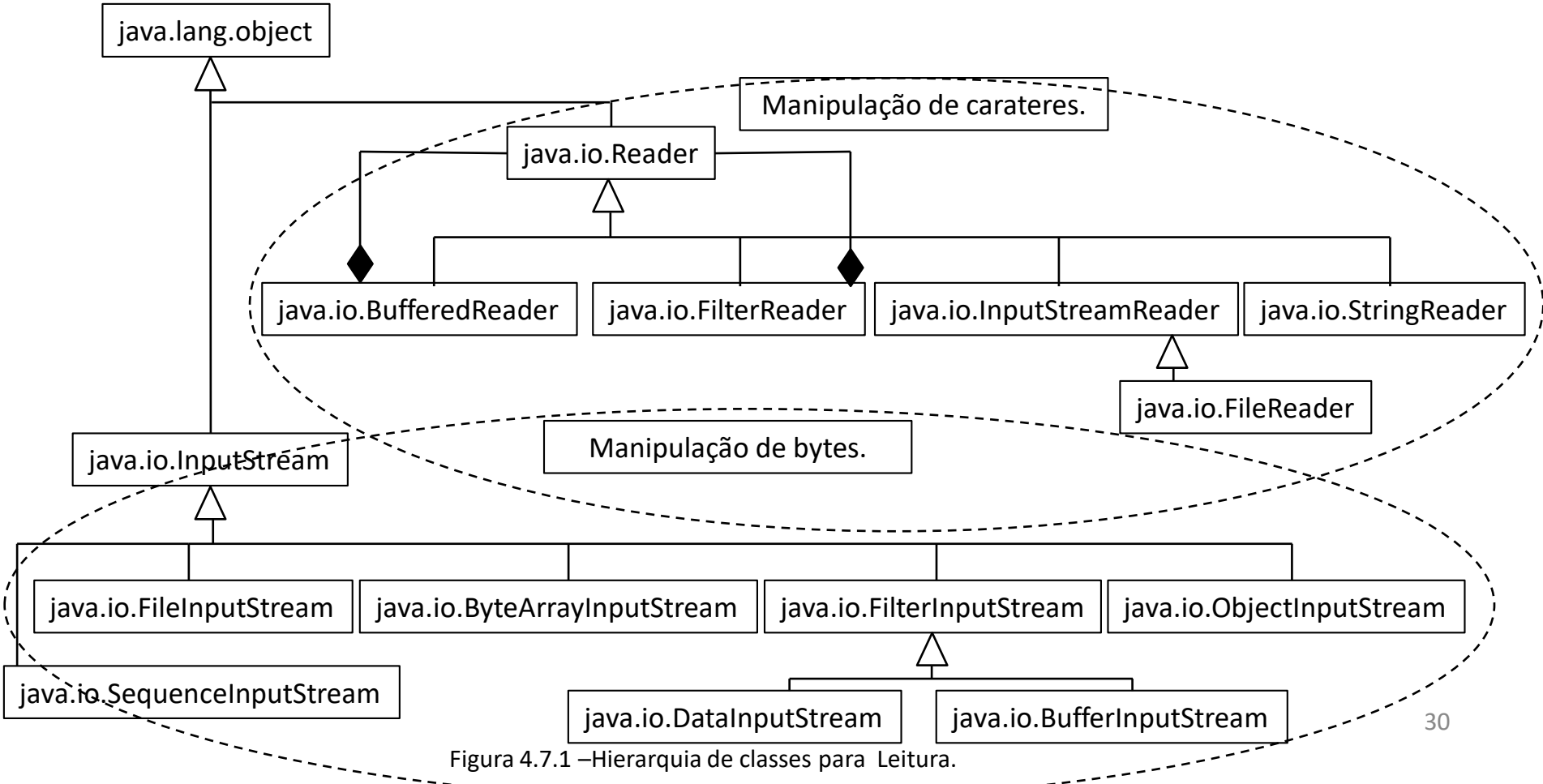


Figura 4.7.1 –Hierarquia de classes para Leitura.

Fundamentos de Sistemas Operativos

A hierarquia de classes para escrita em ficheiros e em dipositivos de entrada/saída está ilustrada na figura 4.7.2.

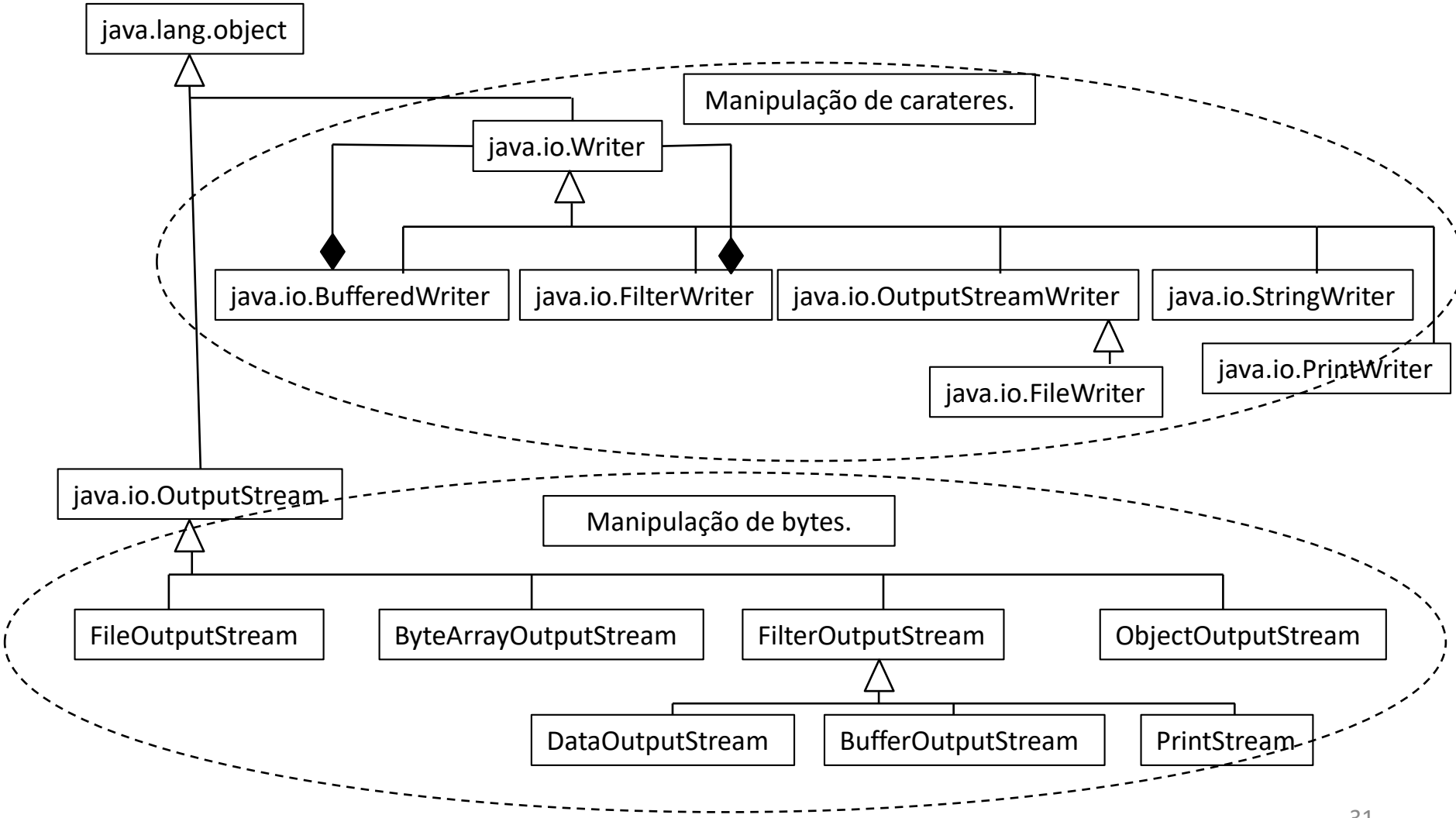


Figura 4.7.2 –Hierarquia de classes para Escrita.

Fundamentos de Sistemas Operativos

Exercício 1: Construa uma classe ListarDiretorias que dispõe dos seguintes métodos:

i) void Dir(String pathname) – se o pathname for uma diretoria deve listar todos os ficheiros dentro da diretoria e referir as subdiretorias. Se o pathname for um ficheiro deve listar o ficheiro e a sua dimensão.

ii) void Dir() – lista os ficheiros da diretoria corrente;

Resolução da alínea 1.i)

```
public class ListarDiretorias {
File ficheiro;

void Dir(String nome) {
    ficheiro = new File(nome);
    if (!ficheiro.exists()){
        System.out.println("O  " + ficheiro + " não existe.");
        return;
    }
    if (!ficheiro.canRead()) {
        System.out.println("O " + ficheiro + " não aceita leitura.");
        return;
    }
    if (ficheiro.isDirectory()) {
        System.out.println("A diretoria " + ficheiro +" contém:");
        String[] ficheiros = ficheiro.list();
        for (int i = 0; i < ficheiros.length; i++) {
            // concatenar o nome da diretoria ao nome do ficheiro
            File subFicheiro = new File(ficheiro + "\\" + ficheiros[i]);
```

1 de 2

```
            if (subFicheiro.isDirectory())
                System.out.format("%-45s %s \n", ficheiros[i], "[dir]");
            else
                System.out.format("%-50s %-9s %s \n",
                        ficheiros[i], subFicheiro.length(), " bytes");
        }
    }
    else { // é um ficheiro, mostrar o seu conteúdo
        BufferedReader leitor= null;
        try {
            leitor = new BufferedReader(new FileReader(ficheiro));
        } catch (FileNotFoundException e2) {}
        String line;
        try {
            while ((line = leitor.readLine()) != null)
                System.out.println(line);
        } catch (IOException e) {}
        try {
            leitor.close();
        } catch (IOException e) {}
    }
}
```

2 de 2

Fundamentos de Sistemas Operativos

Exercício2 : Acrescente à classe ListarDiretorias o seguinte método:

i) void DirAll(String pathname) – se o pathname for uma diretoria deve listar todos os ficheiros dentro da diretoria e os ficheiros dentro das subdiretorias referindo as subdiretorias. Se o pathname for um ficheiro deve listar apenas o ficheiro e a sua dimensão.

Faça a **sua resolução** da alínea 2.i) dentro das caixas.

1 de 2

2 de 2

Fundamentos de Sistemas Operativos

5. Diagramas de atividade e autómatos

5.1. Diagramas de atividade da UML para modelar aplicações multi-processo

O desenho de aplicações multi-processo ou multi-tarefa pode ser decomposto em vários níveis. A um nível funcional ou comportamental, o sistema necessita duma descrição ao longo do tempo, podendo para o efeito utilizar os diagramas de estado ou os diagramas de atividade da UML(Unified Modelling Language), a outro nível é necessário uma descrição de sincronização entre os vários processos, podendo para tal, utilizar-se as swimlanes da *UML*.

As vantagens da utilização duma linguagem gráfica são fundamentalmente, a independência da plataforma, da tecnologia, da linguagem de programação. E principalmente, conseguir reunir um conjunto de investigadores, com formações diversas, para discutir o desenho do modelo duma solução para uma aplicação multi-processo.

Como não existe uma linguagem gráfica standard para modelar aplicações multi-processo, na disciplina utilizar-se-á a Unified Modelling Language, e em particular os **diagramas de actividade**, os **diagramas de estado** e as **swimlanes** para a modelação deste tipo de aplicações.

5.1.1. Diagramas de atividade adaptados a aplicações multi-processo

Apesar dos diagramas de atividade terem sido desenhados inicialmente para representar gráficamente um fluxo de atividades duma aproximação orientada por objectos. No entanto, é possível adaptar os diagramas de atividade à modelação de cada processo duma aplicação multi-processo.

Os diagramas de atividade permitem modelar um processo como um conjunto de atividades. Entre duas atividades existe uma seta que representa uma transição condicional ou incondicional e cuja orientação representa o fluxo algorítmico do processo.

Uma atividade pode representar operacões, métodos, transferência de objectos entre processos e especificação dos objectos a transferir.

Fundamentos de Sistemas Operativos

5.1.2. Atividades

Os diagramas de atividade contêm dois tipos de atividade, atividades de ação ou atividades de subatividade.

5.1.2.1. Atividades de Ação

As atividades de ação são representados por rectângulos com os vértices redondos, em que no interior da caixa está representada a expressão da ação que indica qual a função da ação. A expressão da ação pode ser escrita em português ou em pseudo-código duma linguagem de programação. Se a expressão da ação for descrita em português deve começar por um verbo seguido da função. Exemplos de estados de ação:

Uma atividade de ação obedece às seguintes caraterísticas:
- Indivisível – todas as operações da atividade são executadas sem transição para outra atividade;
- Instantâneo – o tempo de execução das operações são insignificantes.

Cada diagrama de atividade tem dois símbolos especiais – um símbolo inicial que está ligado à atividade definida como atividade inicial e outro símbolo designado por símbolo final que está ligado à atividade final do diagrama. O símbolo inicial marca o início do fluxo das atividades e o símbolo final representa o fim do fluxo de atividade. A representação destes dois símbolos são os seguintes:

Símbolo inicial

Símbolo final

Fundamentos de Sistemas Operativos

5.1.2.2. Atividade de Subatividades

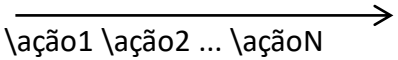
A atividade de subatividades são não–indivisíveis ou divisíveis, significando que podem ser decompostos em duas ou mais atividades de ação ou noutras atividades de subatividades. Estas atividades devem ter um tempo de execução finito.
Exemplos de atividade de subatividades:

5.1.3. Transição entre estados

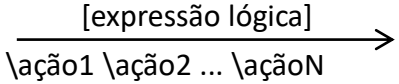
Quando uma acção ou subatividade termina a sua função existe uma transição automática da atividade atual para outra atividade, representada por uma seta →.
Existem quatro tipos de transições distintas e que são representadas do seguinte modo:

- Transição incondicional sem ações

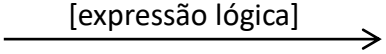
- Transição incondicional com ações



- Transição condicional com ações



- Transição condicional sem ações



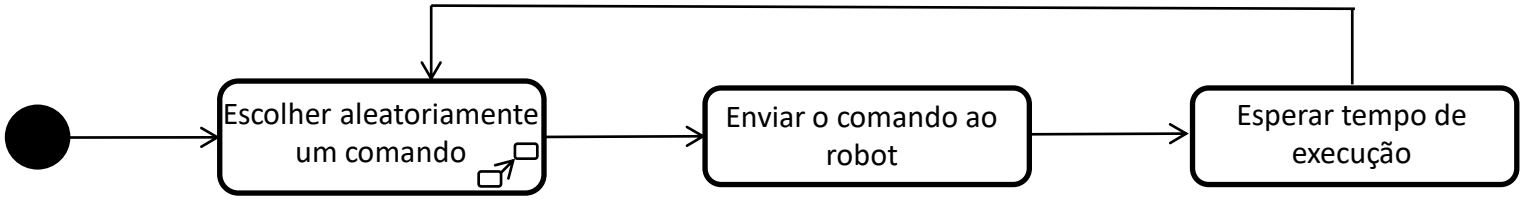
Fundamentos de Sistemas Operativos

5.1.4. Exemplo

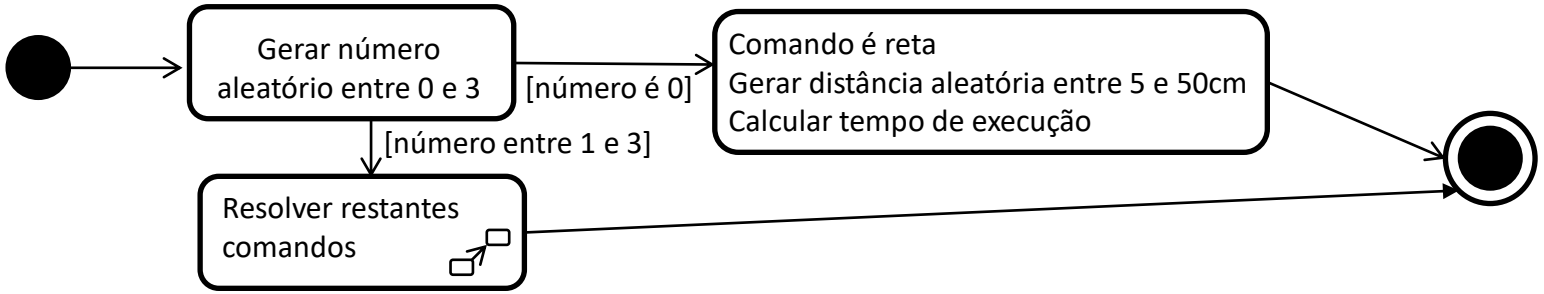
Vamos exemplificar a utilização dos diagramas de atividade na resolução do seguinte problema:

Pretende-se modelar através de diagramas de atividade o comportamento de um robot designado por **vaguear** no espaço livre. O comportamento **vaguear** consiste no robot mover-se de forma aleatória no espaço livre. O movimento aleatório do robot é definido pela aplicação de comandos sucessivos resultantes da escolha aleatória de cada comando entre os comandos reta(distancia), curvar à direita(raio, ângulo), curvar à esquerda(raio, ângulo) e parar durante um determinado tempo.

Um diagrama de atividades para solução do problema será:



Uma atividade de subatividades pode ser descrita por um ou mais diagramas de atividades até um nível em que todas as atividades destes diagramas sejam atividades de ação. A figura seguinte ilustra uma possível decomposição da atividade "Escolher aleatoriamente um comando":



Fundamentos de Sistemas Operativos

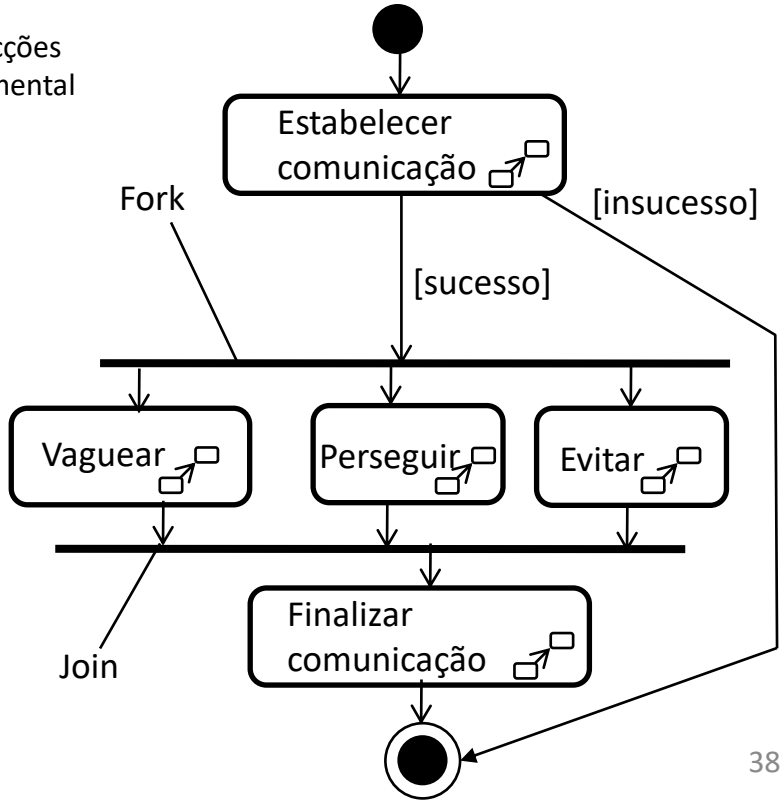
5.1.5. *Fork* e *Join*

Os diagramas de atividade modelam com simplicidade fluxos concorrentes de acções. Pode-se dividir um fluxo de acções em dois ou mais fluxos paralelos de ações utilizando um *fork*, e depois pode-se sincronizar estes fluxos paralelos de ações num *join*.
Um *fork* tem exactamente uma transição como entrada e duas ou mais transições como saídas.

Um *join* tem duas ou mais transições como entrada e exactamente uma transição como saída. A transição de saída só é cumprida quando todas as transições de entrada estiverem executadas, ou seja, quando todos os fluxos concorrentes tiverem terminado a sua actividade. Portanto, um *join* é um ponto de sincronização entre dois ou mais fluxos concorrentes de acções.

No exemplo seguinte apresenta-se um modelo simples de fluxos de acções concorrentes, que permitem modelar uma aplicação multi-comportamental num robot.

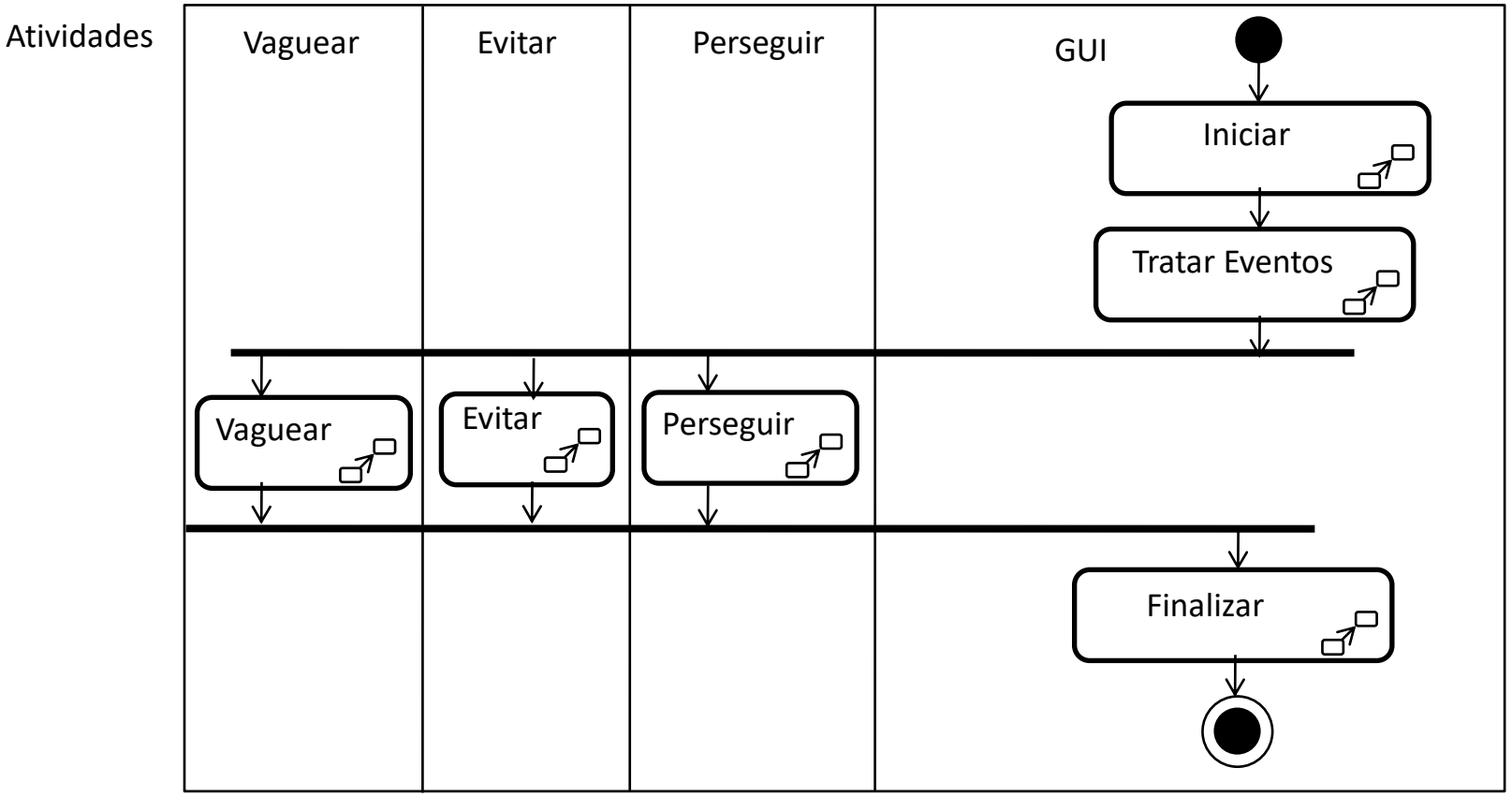
A aplicação começa por estabelecer a comunicação com o robot. No caso de haver sucesso no estabelecimento da comunicação com o robot, então lançará três comportamentos, o vaguear, o perseguir e o evitar. Quando estes três comportamentos terminarem a execução então a aplicação finaliza a comunicação com o robot e termina a sua execução. No caso de haver insucesso no estabelecimento da comunicação com o robot a aplicação termina.



Fundamentos de Sistemas Operativos

5.1.6. Swimlanes

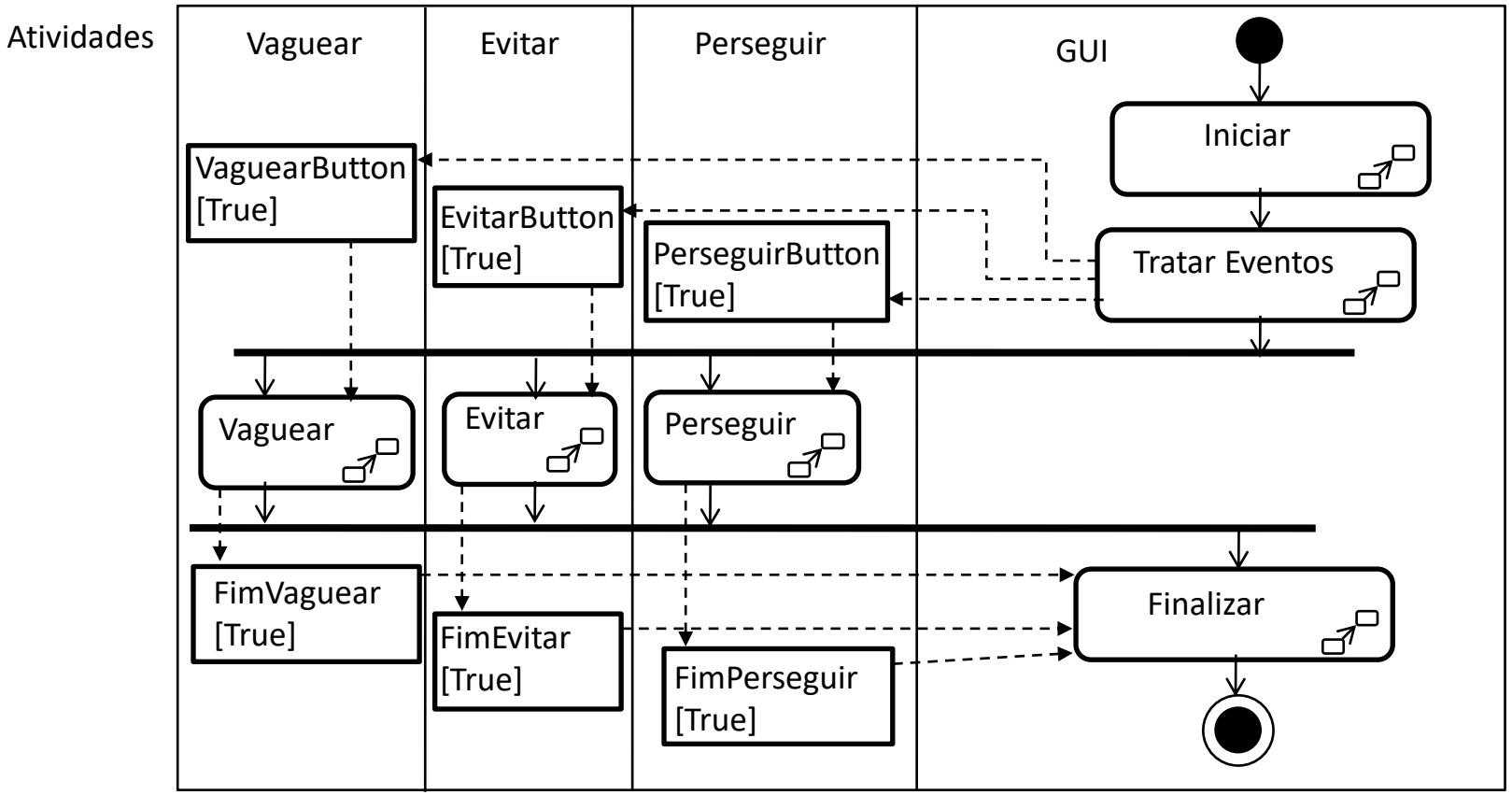
As swimlanes servem para representar a sincronização e a comunicação de objetos entre tarefas diferentes.
Numa dada aplicação, a partição em swimlanes não é única, podendo haver outras possibilidades de partição.
Em sistemas distribuídos, as swimlanes também são utilizadas para definir o modelo de distribuição de processos através de diferentes computadores.
Na seguinte figura, define-se as swimlanes que representam quatro diagramas de atividade que representam três comportamentos robóticos mais a interface gráfica a manipular pelo utilizador da aplicação.



Fundamentos de Sistemas Operativos

5.1.7. Fluxo de objectos

As atividades podem receber e enviar objectos e até podem modificar o estado dos objectos. Esta transferência de objectos entre as atividades são representadas no seguinte diagrama de swimlanes.

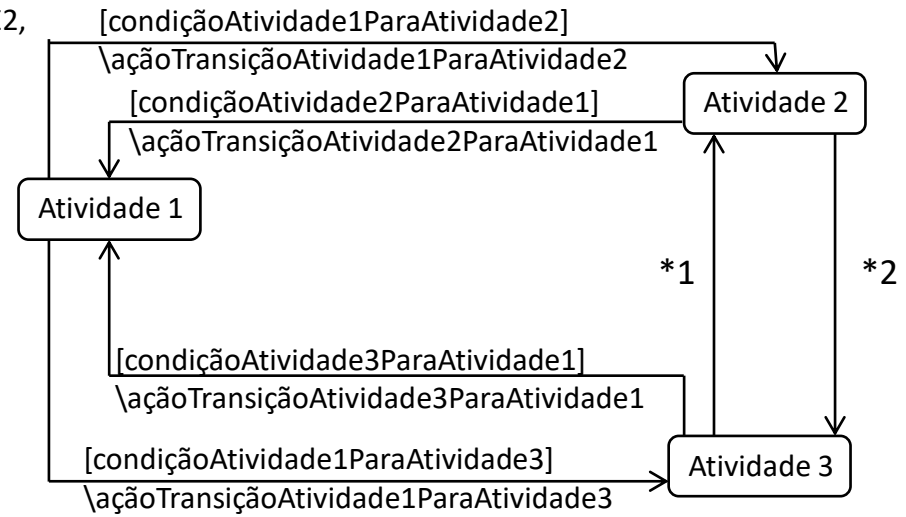


Fundamentos de Sistemas Operativos

5.2. Implementação de um diagrama de atividades com um autómato bloqueante

A estrutura genérica de um autómato bloqueante para implementar um diagrama de atividades com 3 atividades {ATIVIDADE1, ATIVIDADE2, ATIVIDADE3} em que todas as atividades estão ligadas a todas as atividades com uma condição é a seguinte:

Diagrama de atividades com 3 atividades




```
void AutomatoGenérico() {
    int estado;
    estado= ATIVIDADE1;
    while (true) {
        switch (estado) {
        case ATIVIDADE1:atividade1(); // ações a efetuar
                        if (condiçãoAtividade1ParaAtividade2){   //  condição para a Atividade2
                            açãoTransiçãoAtividade1ParaAtividade2();
                            estado=ATIVIDADE2; break;
                        }
                        if (condiçãoAtividade1ParaAtividade3){ // condição para a Atividade3
                            açãoTransiçãoAtividade1ParaAtividade3();
                            estado= ATIVIDADE3; break;
                        }
                                                }
        // continua na próxima folha
```

*1 [condiçãoAtividade3ParaAtividade2]
\açãoTransiçãoAtividade3ParaAtividade2

*2 [condiçãoAtividade2ParaAtividade3]
\açãoTransiçãoAtividade2ParaAtividade3

Fundamentos de Sistemas Operativos

```
        case ATIVIDADE2:atividade2(); // actividades a efetuar no estado 2
                        if (condiçãoAtividade2ParaAtividade1){   // inicio da transição –condição para ir para a ATIVIDADE1
                            açãoTransiçãoAtividade2ParaAtividade1 ();
                            estado= ATIVIDADE1; break;
                        }
                        if (condiçãoAtividade2ParaAtividade3){  // condição para a ATIVIDADE3
                            açãoTransiçãoAtividade2ParaAtividade3 ();
                            estado= ATIVIDADE3; break;
                        }
        case ATIVIDADE3:atividade3(); // actividades a efetuar no estado 3
                        if (condiçãoAtividade3ParaAtividade1){   // condição para a ATIVIDADE1
                            açãoTransiçãoAtividadeNParaEAtividade1 ();
                            estado= ATIVIDADE1; break;
                        }
                        if (condiçãoAtividade3ParaAtividade2){  // condição para a ATIVIDADE2
                            açãoTransiçãoAtividadeNParaAtividade2();
                            estado= ATIVIDADE2; break;
                        }
        } // fecho do switch
    } // fecho do forever
} // fecho da função.
```

Fundamentos de Sistemas Operativos

5.3. Implementação de um diagrama de atividades com um autómato não bloqueante

A implementação de um diagrama de atividades pode ser realizada por um autómato não bloqueante. A caraterística principal de um autómato não bloqueante é que o tempo de execução é finito, mínimo e limitado à execução das ações de uma atividade. Por exemplo, estes autómatos são adequados à implementação de funções de atendimento de interrupções onde o tempo de execução deve ser o mínimo possível.

5.3.1. Autómato não bloqueante sem estado final

Alterando a estrutura genérica do autómato bloqueante apresentado na secção 2., a estrutura equivalente de um autómato não bloqueante sem estado final para implementar um diagrama de atividades com 3 atividades em que todas as atividades estão ligadas a todas as outras atividades através de condições de transição, é a seguinte:

```
int estado; // a variável de estado é global
void AutomatoNaoBloqueanteSemEstadoFinal() {
    switch (estado) {
        case ATIVIDADE1:atividade1();  // ações a realizar na atividade 1
                        if (condiçãoAtividade1ParaAtividade2){
                            açãoTransiçãoAtividade1ParaAtividade2();
                            estado= ATIVIDADE2;
                            return;
                        }
                        if (condiçãoAtividade1ParaAtividade3){
                            açãoTransiçãoAtividade1ParaAtividade3();
                            estado= ATIVIDADE3;
                        }
                        return;                    // continua na próxima folha
```


43

Fundamentos de Sistemas Operativos

```
        case ATIVIDADE2:atividade2();
                        if (condiçãoAtividade2ParaAtividade1){
                            açãoTransiçãoAtividade2ParaAtividade1();
                            estado= ATIVIDADE1;  return;
                        }
                        if (condiçãoAtividade2ParaAtividade3){
                            açãoTransiçãoAtividade2ParaAtividade3 ();
                            estado= ATIVIDADE3; return;
                        }
                        return;
        case ATIVIDADE3:atividade3(); // ações a realizar no estado 3
                        if (condiçãoAtividade3ParaAtividade1){
                            açãoTransiçãoAtividade3ParaAtividade1 ();
                            estado= ATIVIDADE1;  return;
                        }
                        if (condiçãoAtividade3ParaAtividade2){
                            açãoTransiçãoAtividade3ParaAtividade2();
                            estado= ATIVIDADE2; return;
                        }
                        return;
    } // fecho do switch
} // fecho da função.
```


44

Fundamentos de Sistemas Operativos

5.3.2. Autómato não bloqueante com estado final

A estrutura genérica de um autómato não bloqueante com estado terminal de atividade difere do autómato não bloqueante sem estado terminal, porque passa a ser uma função que retorna a informação acerca se terminou ou não a atividade. Por exemplo, considere um diagrama de atividades com 2 atividades completamente ligadas, no qual uma das atividades é final, a estrutura deste autómato é a seguinte:

```
int estado; // a variável de estado é global

boolean AutomatoNaoBloqueanteComEstadoFinal() {
    switch (estado) {
        case ATIVIDADE1:
                        atividade1();
                        if (condiçãoParaAtividadeFinal){   // inicio da transição do Estado1– teste da condição para ir para o Estado2
                            açãoTransiçãoAtividade1ParaAtividadeFinal();
                            estado=ATIVIDADE_FINAL;
                        }
                        return false;
        case ATIVIDADE_FINAL:
                        atividadeFinal(); // actividades a efetuar no estado final
                        if (condiçãoParaAtividade1){   // inicio da transição do Estado1– teste da condição para ir para o Estado2
                            açãoTransiçãoAtividadeFinalParaAtividade1();
                            estado=ATIVIDADE1;
                            return false;
                        }
                        return true;
    } // fecho do switch
} // fecho da função.
```


45

Fundamentos de Sistemas Operativos

- Anexo 1: Robot Lego **NXT** - Mindstorms

O robot lego-mindstorms tem uma estrutura modelar, mas a configuração a usar tem duas rodas de tração independentes na frente e uma roda independente e livre na traseira. O robot suporta até 4 sensores e pode ter 3 atuadores podendo ser ligado a um computador através duma ligação USB ou através duma ligação wireless de bluetooth, tal como o ilustrado na figura 1.

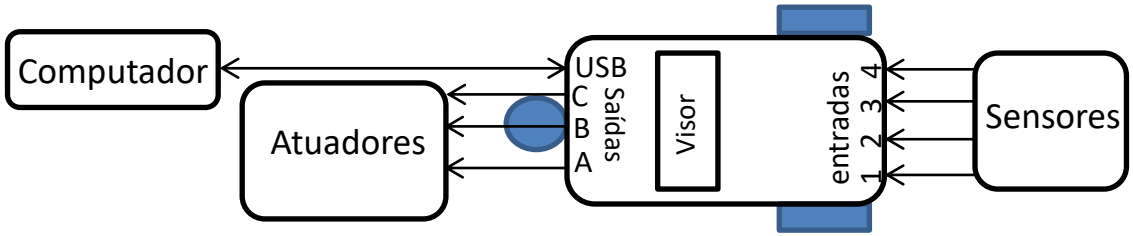


Figura 1: Estrutura do robot Lego NXT Mindstorms

- Modelo Computador-Robot

O modelo robot-computador está ilustrado na figura 2 e é um modelo utilizado em robots que interagem com humanos e com o mundo. O robot devido à sua limitada capacidade de autonomia das baterias tem uma potência de processamento e memória limitadas integrando apenas algum tipo de inteligência básica à sua sobrevivência e impossibilitando a integração de toda a sua inteligência no robot. Assim, o robot é um escravo do computador tendo autonomia para ações muito básicas de sobrevivência. E o computador funciona como o "cérebro" do robot, comandando remotamente através de bluetooth sempre os seus movimentos e interação com o mundo exterior.

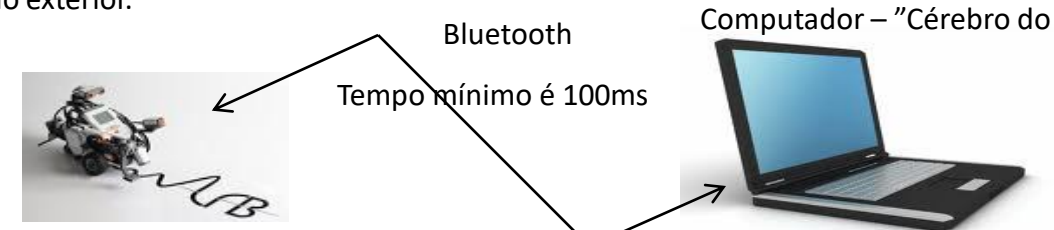


Figura 2: Modelo computador-robot

Fundamentos de Sistemas Operativos

O principal problema do modelo computador-robot da figura 2 é que o cérebro do robot sente ou "vê" o mundo que o rodeia com um atraso equivalente ao tempo da comunicação bluetooth. Por outras palavras, o cérebro sente o mundo não no tempo presente mas num tempo passado. Este problema pode ser minimizado com técnicas de predição em tempo real nas ações.

- Comandos de comunicação do Robot NXT

Comunicação	Descrição	Exemplo

boolean OpenNXT(String nomeRobot)	Estabelece o canal de comunicação entre o computador e o robot com o nome passado no parâmetro de entrada do método. O método retorna *true* em caso de sucesso.	If (OpenNXT("Guia1")) {}
		
		Ou,
		
		static final String robot= "Guia2";
		If (OpenNXT(robot)) {}

void CloseNXT()	Fecha o canal de comunicação.	CloseNXT()

Cada robot é identificado por um nome que aparece na primeira linha do visor do robot. Todos os robots têm nomes diferentes.

Depois de uma chamada ao método OpenNXT com sucesso, a ligação wireless bluetooth computador-robot fica estabelecida e a partir daqui, o programa em Java está em condições de enviar comandos de controlo para o robot. Para finalizar uma sessão de comunicação deve sempre de chamar o método CloseNXT.

Se por qualquer razão o canal de comunicação bluetooth for aberto e não for fechado, apesar do programa Java terminar, o canal de comunicação permanecerá ocupado. Portanto, qualquer tentativa de nova abertura do canal irá dar erro devido à comunicação wireless bluetooth seguir o modelo ponto a ponto.

Fundamentos de Sistemas Operativos

- Comandos de movimento do Robot NXT

Movimento	Descrição	Exemplo

void Reta(int distancia)	O robot descreve uma linha reta com a distância dada no parâmetro "distancia" em centímetros Se o valor da distância for positivo o robot anda em frente, se o valor da distância for negativa o robot anda para trás.	// anda em frente 12 cm
		Reta(12);
		// move para trás 19 cm
		Reta(-19);

void CurvarEsquerda(int raio, int angulo)	O robot curva para a esquerda com o raio dado em centímetros e segundo um dado ângulo em graus.	// curva à esquerda com raio
		// de 19cm e um angulo de 90 graus
		CurvarEsquerda(19, 90);

void CurvarDireita(float raio, int angulo)	O robot curva para a direita com o raio dado em centímetros e segundo um dado ângulo em graus.	// curva à direita com um raio
		// de 38cm e um ângulo de 45 graus
		CurvarDireita(38, 45);

void Parar(boolean assincrono)	Pára o robot imediatamente quando o parâmetro de entrada"assincrono" for true. Caso seja false, só pára o robot depois dos outros comandos terem sido executados.	// Pára o robot após o último comando
		Parar(false);
		// Pára imediatamente o robot
		Parar(true);

void AjustarVMD(int offset)	Ajusta a velocidade do motor direito de um valor de velocidade definido em "offset" para que o robot ande a direito quando cumpre o comando Reta().	// Ajusta de +1 a velocidade do
		// motor direito
		AjustarVMD(1);

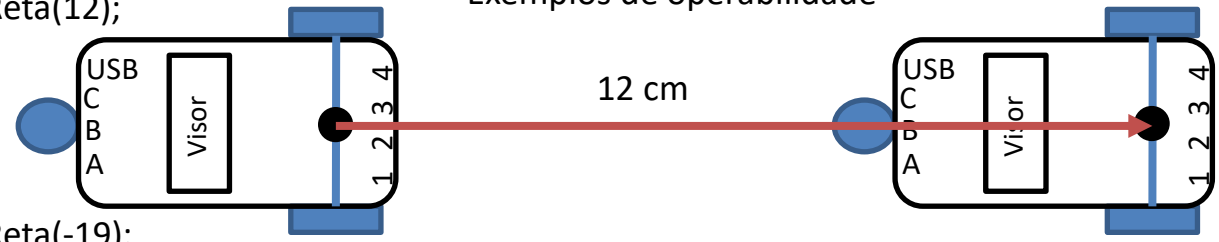
void AjustarVME(int offset)	Ajusta a velocidade do motor direito de um valor de velocidade definido em "offset" para que o robot ande a direito quando cumpre o comando Reta().	// Ajusta de -2 a velocidade do
		// motor esquerdo
		AjustarVME(-2);

void SetVelocidade(int percentagem)	O robot move-se a 50% da sua velocidade máxima. O valor do parâmetro "percentagem" pertence a [-100, 100]% da velocidade máxima. O movimento seguinte é cumprido à velocidade definida por este comando.	// definir o robot para movimentar à velocidade máxima
		SetVelocidade(100);

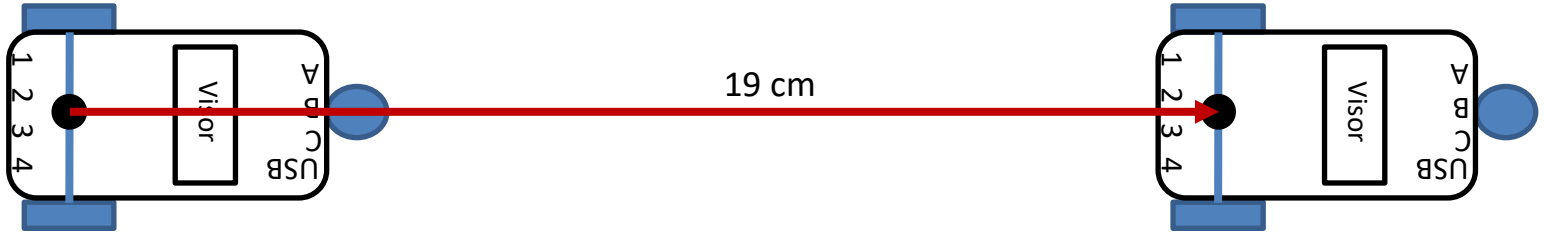
Fundamentos de Sistemas Operativos

• Exemplos de operabilidade

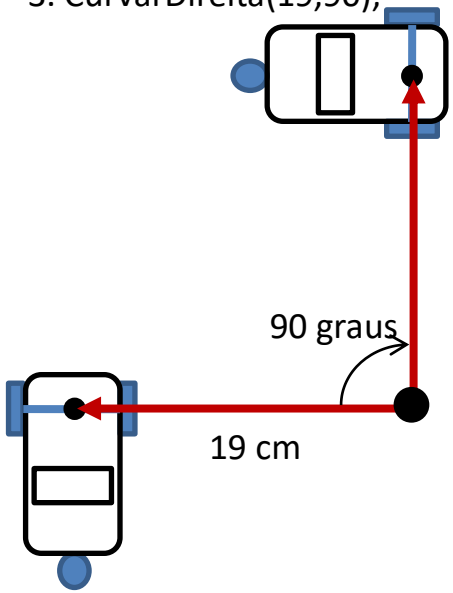
1. Reta(12);



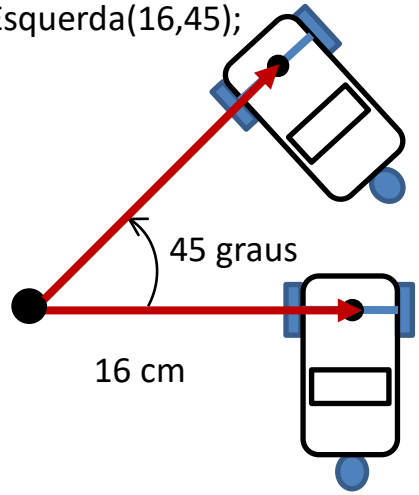
2. Reta(-19);



3. CurvarDireita(19,90);



4. CurvarEsquerda(16,45);



Fundamentos de Sistemas Operativos

- Robot NXT – Comandos dos sensores

Sensores	Descrição	Exemplo

int SensorToque(int input)	Devolve o valor do sensor de toque [0, 1] que está ligado è entrada "input". Devolve 0 se não houver toque e devolve 1 se houver toque.
	O parâmetro de entrada "input" pode tomar os seguintes valores constantes:
	S_1, S_2, S_3 ou S_4
		// ler o sensor de toque que está
		// ligado ao porto de entrada 4
		int bater= SensorToque(S_4);

int SensorUS(int input)	Devolve um valor de distância na gama [0, 255] centímetros através da utilização do sensor de ultrasons que está ligado ao parâmetro "input".
	O parâmetro de entrada "input" pode tomar os seguintes valores constantes:
	S_1, S_2, S_3 ou S_4
		// ler a distância do sensor que está
		// ligado ao porto 2
		
		int distancia= SensorUs(S_2);

Fundamentos de Sistemas Operativos

- Anexo 2: Robot Lego **EV3** - Mindstorms

O robot lego-mindstorms tem uma estrutura modelar, mas a configuração a usar tem duas rodas de tração independentes na frente e esfera na traseira. O robot suporta até 4 sensores e pode ter 4 atuadores podendo ser ligado a um computador através duma ligação USB ou através duma ligação wireless de bluetooth, tal como o ilustrado na figura 1.

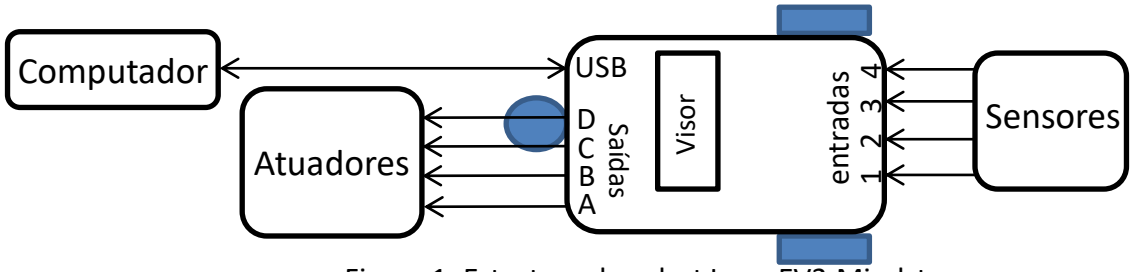


Figura 1: Estrutura do robot Lego EV3 Mindstorms

- Modelo Computador-Robot

O modelo robot-computador está ilustrado na figura 2 e é um modelo utilizado em robots que interagem com humanos e com o mundo. O robot devido à sua limitada capacidade de autonomia das baterias tem uma potência de processamento e memória limitadas integrando apenas algum tipo de inteligência básica à sua sobrevivência e impossibilitando a integração de toda a sua inteligência no robot. Assim, o robot é um escravo do computador tendo autonomia para ações muito básicas de sobrevivência. E o computador funciona como o "cérebro" do robot, comandando remotamente através de bluetooth sempre os seus movimentos e interação com o mundo exterior.

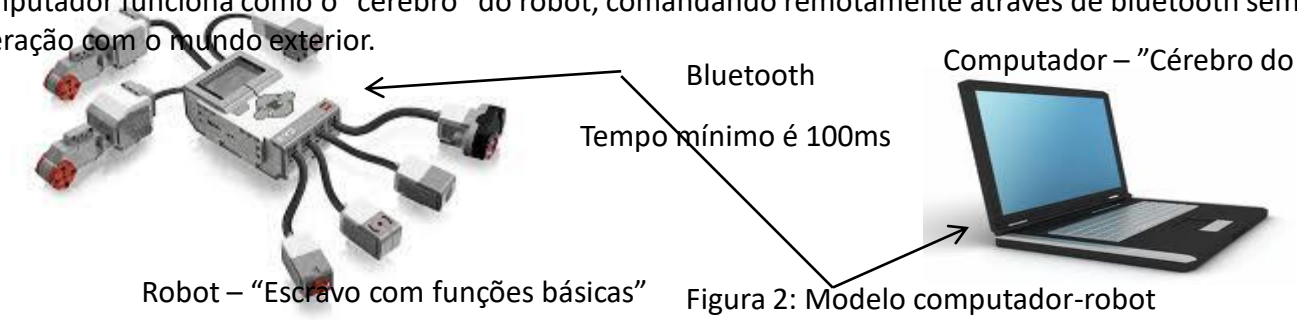


Figura 2: Modelo computador-robot

Fundamentos de Sistemas Operativos

- Robot EV3 – Comandos de comunicação

Comandos de comunicação	Descrição	Exemplo

boolean OpenEV3(String name)	Estabelece o canal de comunicação entre o robot e o computador. O método retorna o valor *true* em caso de sucesso no estabelecimento da ligação entre o robot e o computador. O método retorna *false* quando a conexão falha. A falha da conexão pode ter vários motivos, o robot não estar emparelhado, o robot estar desligado, o nome do robot não ser o correto, etc.	If (OpenEV3("EV1")) {}
		
		Ou,
		
		String robot= new String("EV1");
		If (OpenEV3(robot)) {}

void CloseEV3()	Encerra o canal de comunicação.	CloseEV3()

Depois do estabelecimento com sucesso do canal de comunicação, o método OpenEV3() devolve *true*, o programa fica em condições para enviar outros comandos para o robot. O fecho do canal de comunicação é realizado pelo método CloseEV3().
Por qualquer razão se o programa estabelecer o canal de comunicação e não o fechar então o programa poderá não voltar a conseguir abrir o canal de comunicação com sucesso porque o robot recusará a nova ligação porque "pensa" que ainda está ligado ao anterior canal de comunicação. A solução é desligar e voltar a ligar o robot.

Fundamentos de Sistemas Operativos

- Robot EV3 – Comandos de movimento

Motores	Descrição	Exemplo

void Reta(int distancia)	O robot descreve uma linha reta com a distância dada no parâmetro "distancia" em centímetros Se o valor da distância for positivo o robot anda em frente, se o valor da distância for negativa o robot anda para trás.	// anda em frente 12 cm
		Reta(12);
		// move para trás 19 cm
		Reta(-19);

void CurvarEsquerda(int raio, int angulo)	O robot curva para a esquerda com o raio dado em centímetros e segundo um dado ângulo em graus.	// curva à esquerda com um raio
		// de 19cm e um angulo de 90 graus
		CurvarEsquerda(19, 90);

void CurvarDireita(float raio, int angulo)	O robot curva para a direita com o raio dado em centímetros e segundo um dado ângulo em graus.	// curva à direita com um raio
		// de 38cm e um ângulo de 45 graus
		CurvarDireita(38, 45);

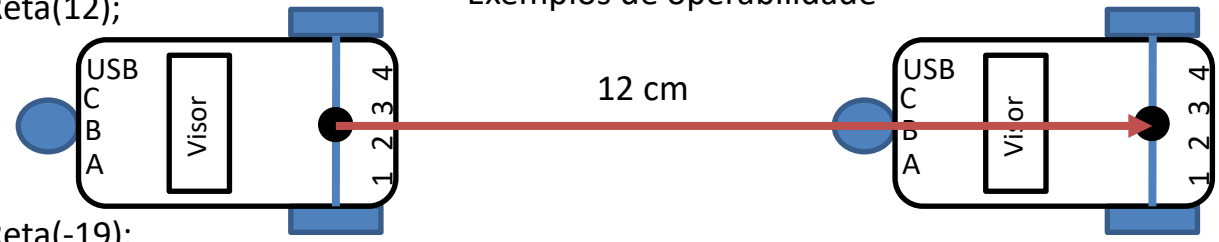
void Parar(boolean assincrono)	Pára o robot imediatamente quando o parâmetro de entrada"assincrono" for true. Caso seja false, só pára o robot depois dos outros comandos terem sido executados.	// Pára o robot após o último comando
		Parar(false);
		// Pára imediatamente o robot
		Parar(true);

void SetVelocidade(int percentagem)	O robot desloca-se normalmente a uma velocidade de 50% da velocidade máxima. Com este comando pode alterar a velocidade do robot, dando um valor para o parâmetro "percentagem" entre [-100, 100]. Os comandos de movimento seguintes cumprem-se à nova velocidade.	// 75% da velocidade máxima SetVelocidade(75);

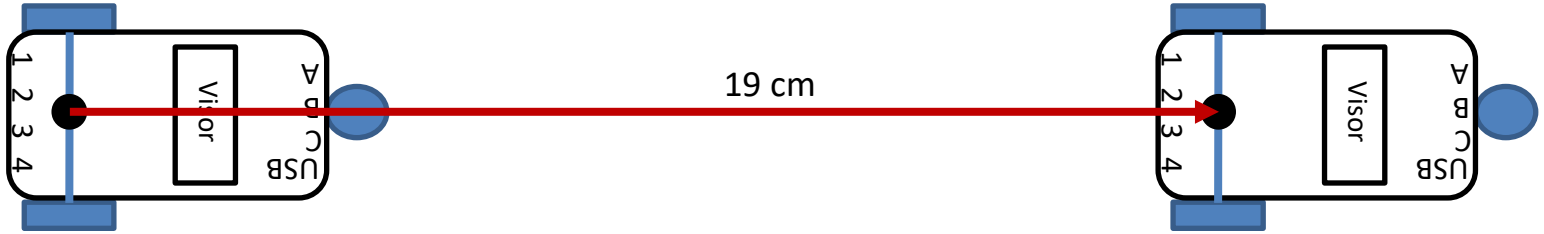
Fundamentos de Sistemas Operativos

• Exemplos de operabilidade

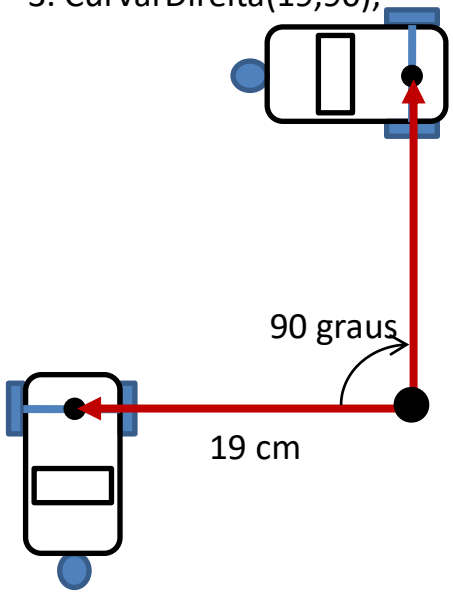
1. Reta(12);



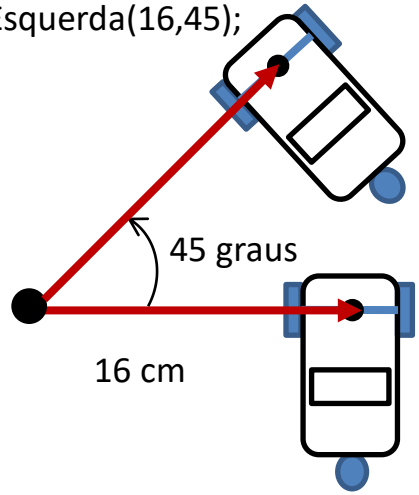
2. Reta(-19);



3. CurvarDireita(19,90);



4. CurvarEsquerda(16,45);



Fundamentos de Sistemas Operativos

- Robot EV3 – Comandos dos sensores

Sensores	Descrição	Exemplo
float SensorAngulo(int sensor)	Devolve o valor de um angulo em graus. Quando o robot roda no sentido contrário aos ponteiros do relógio o angulo diminui. Quando roda no sentido dos ponteiros do relógio o angulo aumenta.	float angulo= SensorAngulo(S_4);
int SensorToque(int sensor)	Devolve o valor 0 quando o sensor está desativo ou não pressionado, e 1 quando o sensor está ativo ou pressionado .	int toque=SensorToque(S_1)
float SensorUS(int sensor)	Devolve um valor entre 0 e 255 cm correspondente à distância do sensor a um objeto. O valor 255 corresponde à não deteção de objeto.	float distancia; distancia=SensorUS(S_2);
float SensorLuz(int sensor)	Devolve um valor entre 0 e 100 correspondente à intensidade luminosa refletida.	float luminosidade= SensorLuz(S_3);

O parâmetro **sensor** dos métodos pode ter os valores: S_1, S_2, S_3 e S_4.

Fundamentos de Sistemas Operativos

- Bibliografia aconselhada para a disciplina

Brooks R., Cambrian Intelligence The Early History of the New AI, MIT Press, 1999.

Silberchatz A., Galvin P., Gagne G., Operating System Concepts with Java, John Wiley & Sons, 2009.

Marques J., Ferreira P., Sistemas Operativos, ISBN: 978-972-722-575-5, 2009.

Marques J. A., Guedes P., Fundamentos de Sistemas Operativos, Editorial Presença, 1990.

Lister A. M., Os Sistemas Operativos, Editorial Presença, 1986.