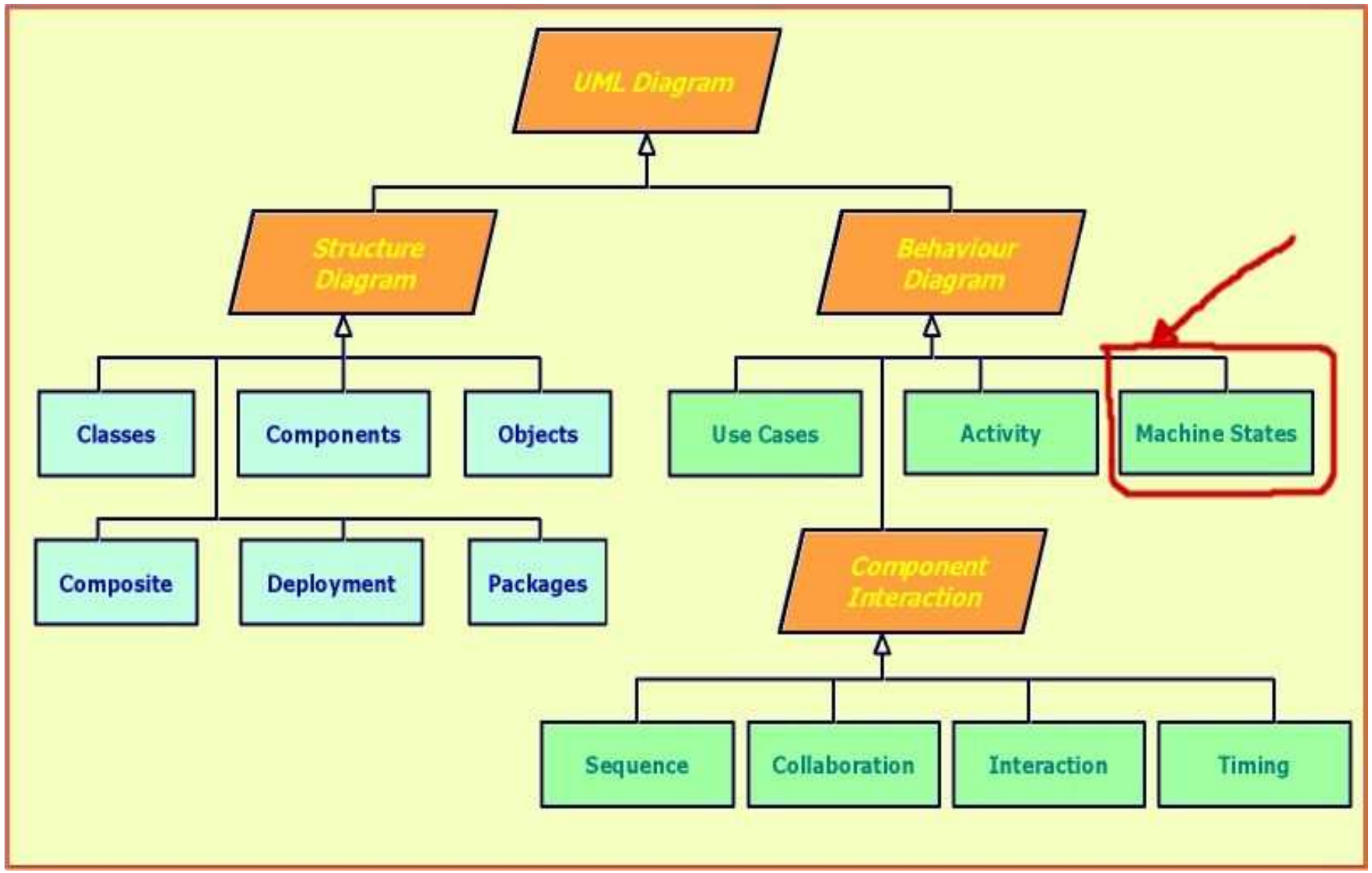
Diagrama representativo de uma Máquina de Estados (DME)



DIAGRAMAS DE MÁQUINAS DE (TRANSIÇÃO DE) ESTADOS

- Para que se compreenda a verdadeira importância dos DME em UML, é, em rigor, necessário compreender a sua génese e objectivos, em especial apresentando as teorias/modelos nos quais se baseiam.

- Génese: São adaptações UML de notações há muito existentes para a descrição do comportamento de sistemas sob a forma de Autómatos (máquinas que funcionam sozinhas em resposta a entradas de um dado tipo), que em cada momento se encontram num estado interno que representa a sua memória do passado e o seu conhecimento do presente para que possa transitar correctamente para outro estado quando surge a entrada ie. evento seguinte;

- As adaptações visam permitir que UML possa especificar o comportamento de dispositivos físicos (máquinas hardware) e de entidades lógicas ou "máquinas software" (numa perspectiva OO, certos objectos);

- Vamos definir alguns conceitos fundamentais sem os quais os DMEs não podem ser compreendidos nem correctamente usados.

AUTÓMATOS (Máquinas de Estados Finitos)

► São máquinas cujo comportamento é uma consequência não apenas da última entrada mas também de todo o passado de entradas (visto como a sequência de entradas realizadas, por exemplo máquina de café);

► Caracterizam-se por, a cada momento, se encontrarem num estado interno que "representa" toda a sua experiência passada (ou seja, o resultado da sequência de todas as entradas registadas). Comportamento consiste em transitar de estado em estado (estados são em número finito).

► Interactuamos com estes autómatos diariamente, porque diariamente usamos as máquinas de venda de qualquer coisa, cf. as máquinas de venda de bebidas, de chocolates, etc.; usamos também as ATM, usamos as bombas de gasolina e as estações de lavagem automática de carros.

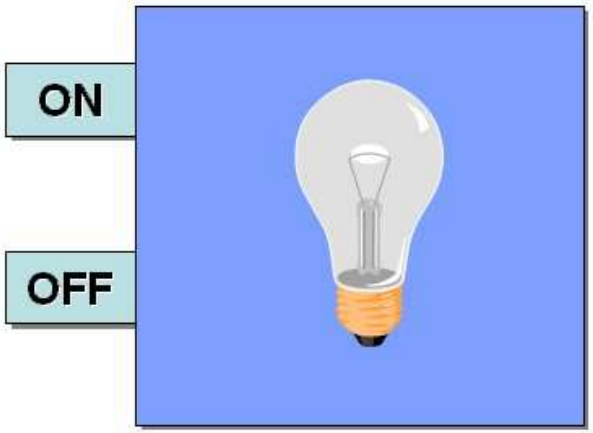
► Há, porém, muitas "máquinas software" (classes) que produzem "objectos" que possuem características de comportamento, passivo ou activo, muito semelhantes a estas máquinas baseadas em electrónica e mecânica.

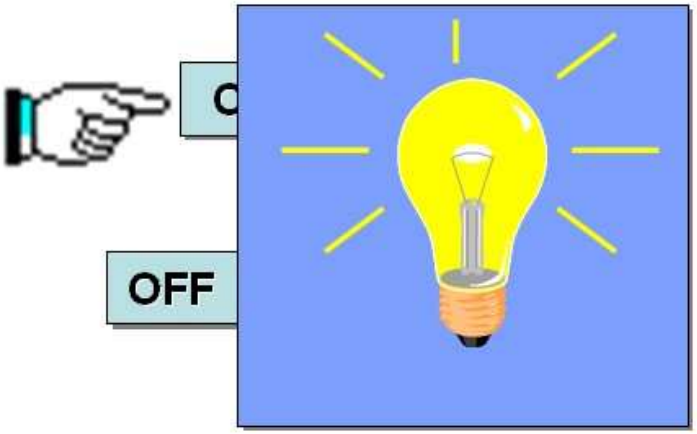
► Vejamos alguns conceitos importantes sobre autómatos.

AUTÓMATOS

► São máquinas cujo comportamento é uma consequência não apenas da última entrada mas também de todo o passado (visto como a sequência de entradas realizadas).

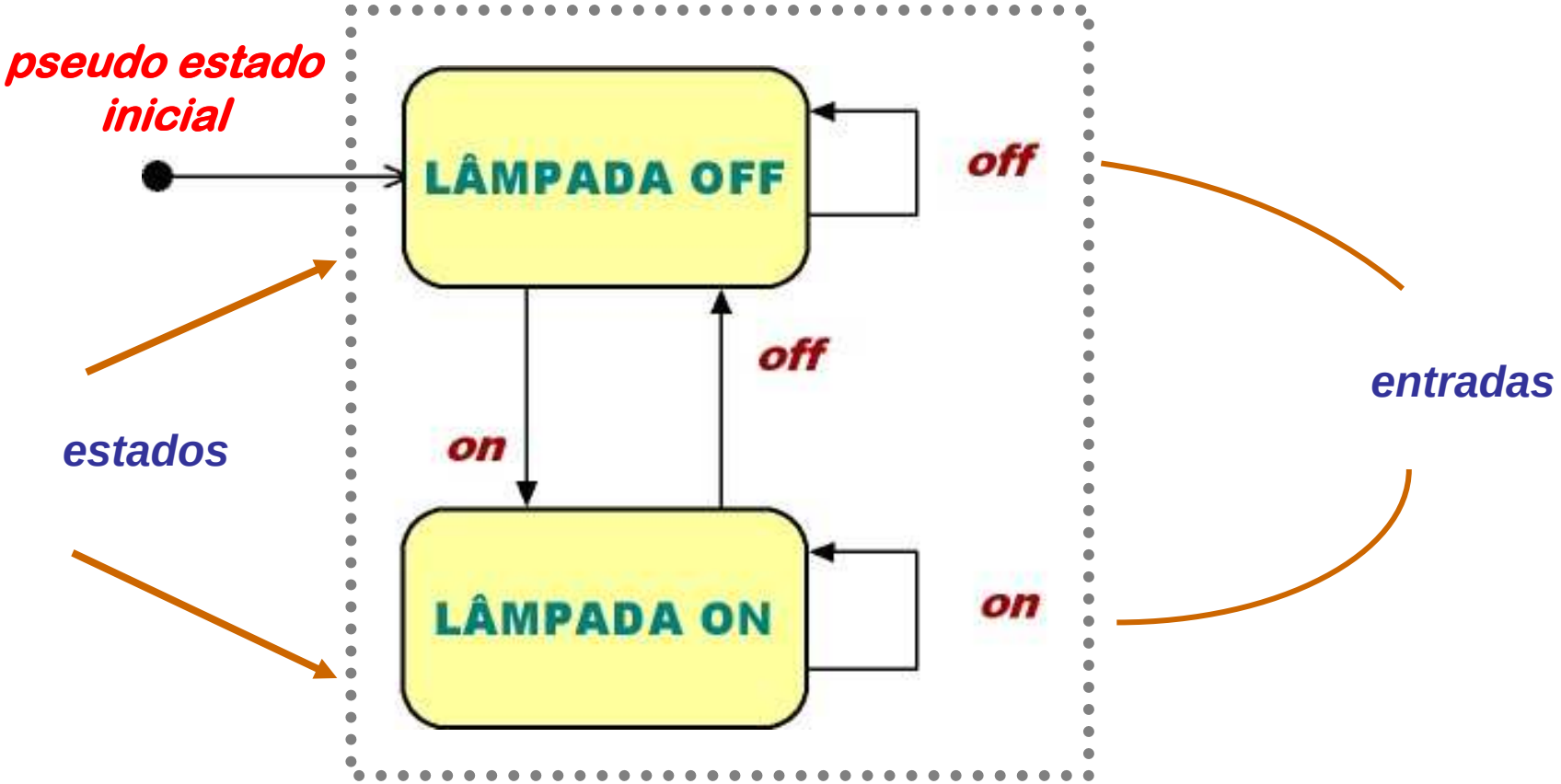
► Caracterizam-se por possuirem um estado interno que "representa" toda a sua experiência passada (comportamento = > transição de estado).





DIAGRAMAS DE ESTADOS (DME)

- Representação gráfica do **comportamento do autómato** em termos de **estados**, **entradas** e **transições entre estados**.



start + on + on + off + on = ? (estado actual depende do passado)

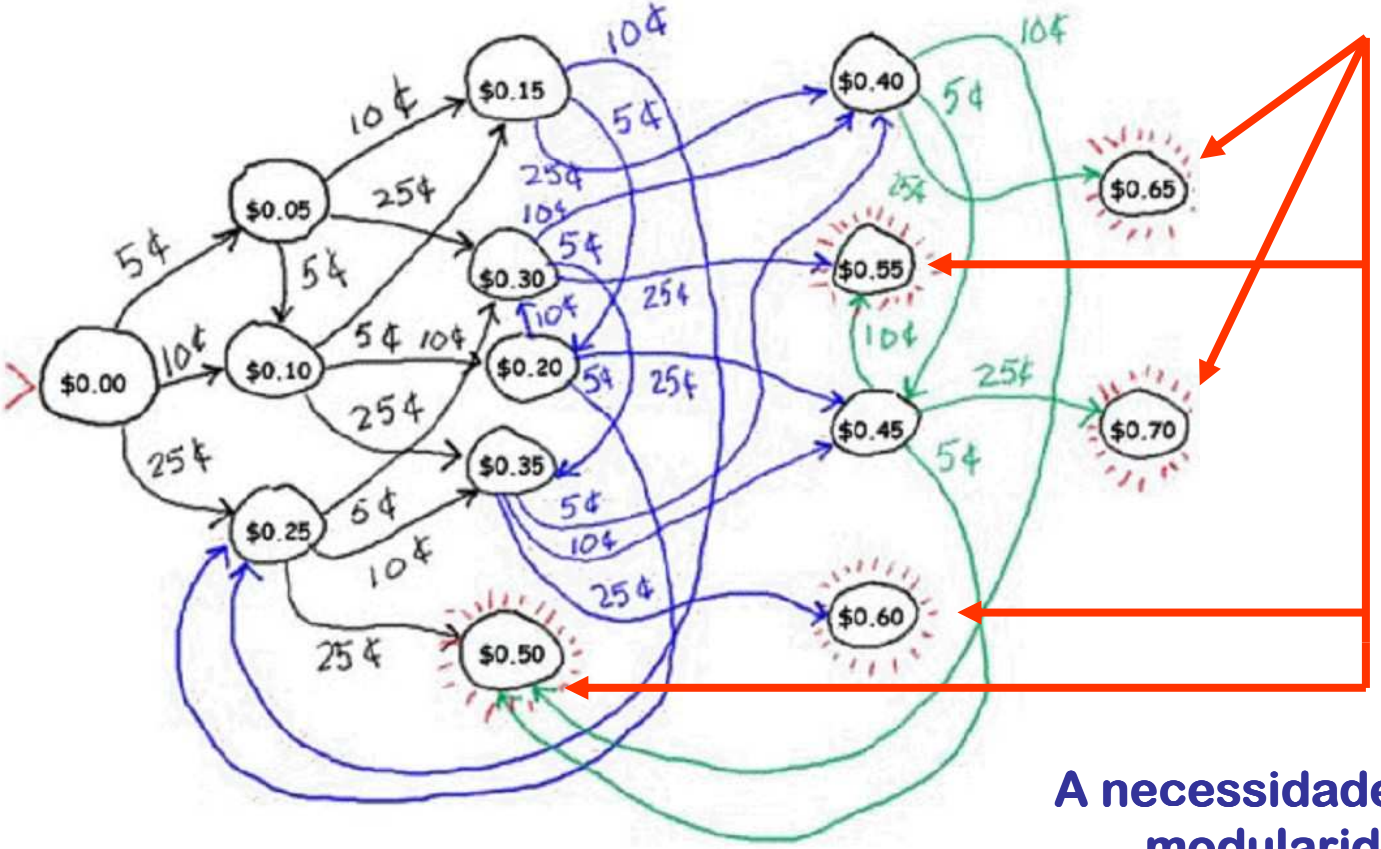
DIAGRAMAS DE ESTADOS (DME)

► Torna-se pois interessante e importante colocar a questão: Seríamos neste momento capazes de conceber, usando uma notação rigorosa (nunca podendo realizar tal implementação), uma máquina de venda de chocolates ao preço fixo de 50 cêntimos ? Como descreveríamos o que se passa no interior de tal máquina, à medida que vão sendo introduzidas moedas, de tal forma que a máquina aceite moedas até ao momento em que a sequência de valores das moedas introduzidas conduza a máquina a um estado interno em que a mesma passe a aceitar a ordem de fornecer o produto e, posteriormente, eventualmente dar um troco ?

► Claro que se tivéssemos introduzido 5c depois de termos introduzido 25c, a máquina terá que "saber" que o total inserido é de 30c, e mais do que isso, que não dá para comprar o chocolate, ou seja, o seu estado actual não é "aceitável" para a conclusão com sucesso da tarefa. Mas o que é importante compreender neste contexto, é que, se foram introduzidos 10c e depois 25c, então a máquina terá que "saber" que "actualmente capitaliza" 35c, e que, ainda assim, não se encontra num estado "aceitável" para a efectivação da compra.

DIAGRAMAS DE ESTADOS (DME)

▣ **Representação gráfica dos estados possíveis, entradas e transições de estado de uma máquina de venda de chocolates a 50 c, até se atingir uma quantia que permita comprar um chocolate.**



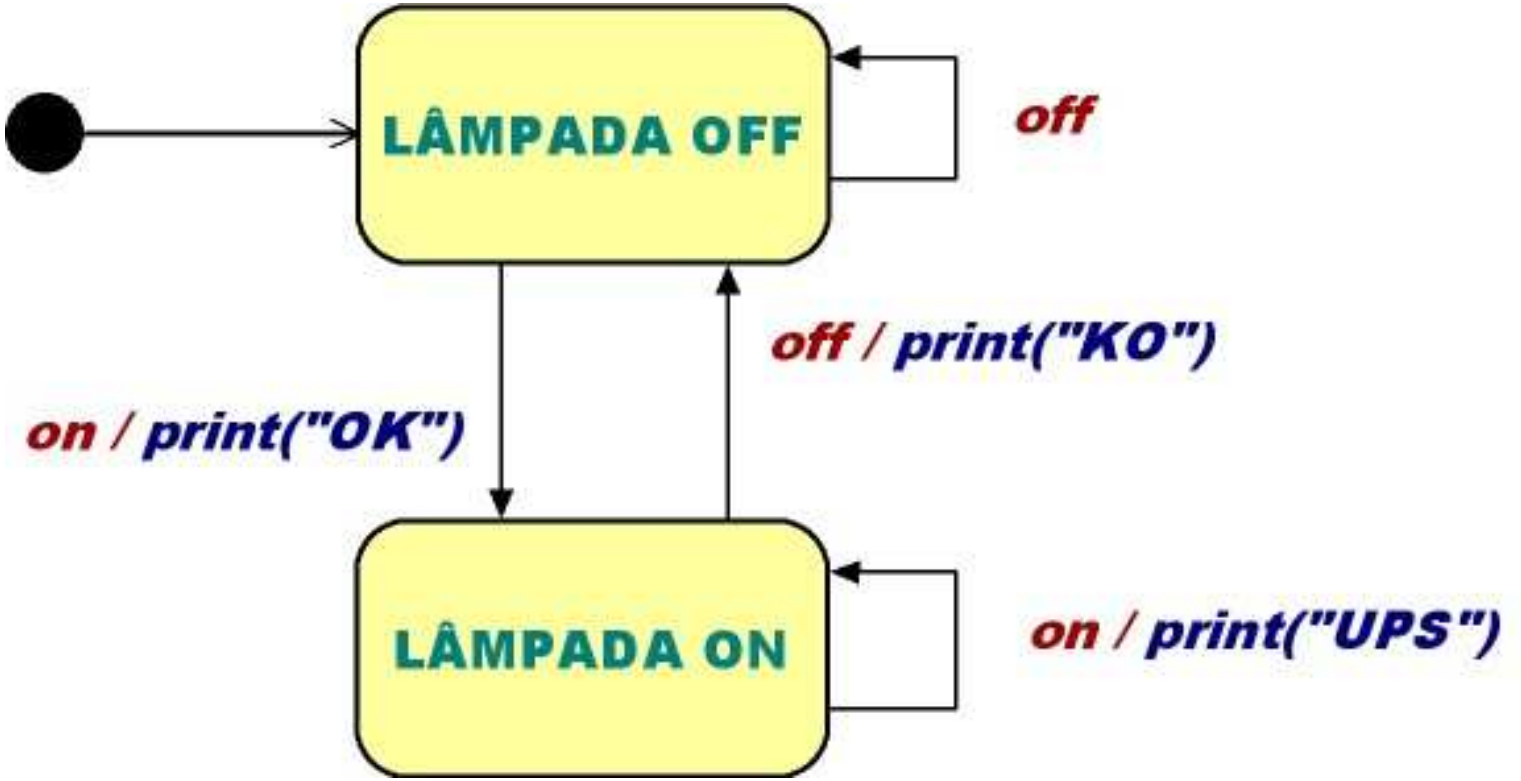
Estados aceitáveis para continuação do comportamento da máquina

(exº *comprar*)

A necessidade de estrutura e modularidade é óbvia

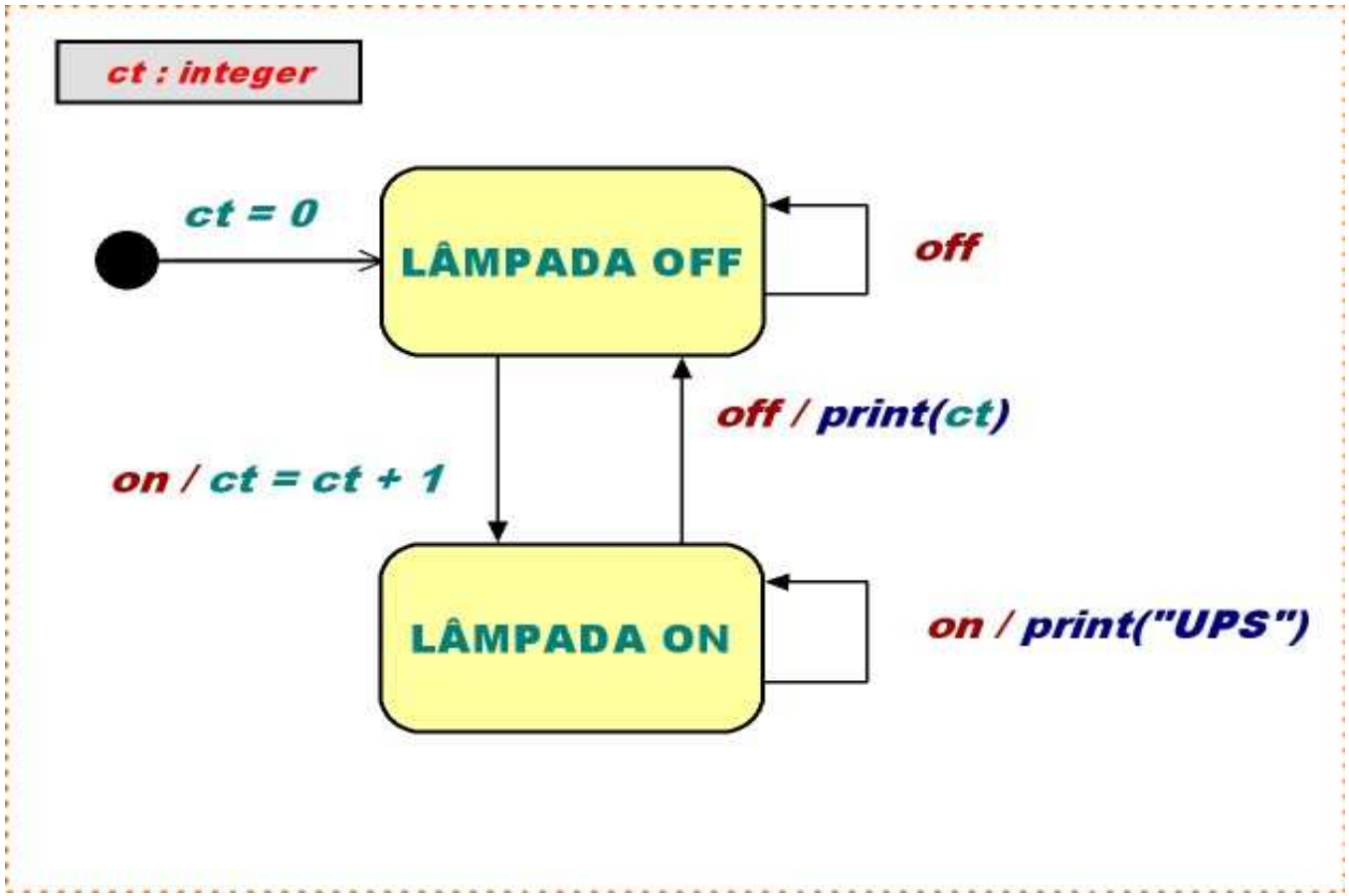
DIAGRAMAS DE ESTADOS (DME)

▣ Quando muda de estado, um autómato pode gerar "outputs" (resultados de acções) que se descrevem associados às entradas-eventos, tal como em entrada / acção



DIAGRAMAS DE ESTADOS (DME)

- As acções associadas às transições podem ser quaisquer. Se associarmos ao autómato **variáveis** ("extended state automaton"), as acções podem ter a ver com o controlo dos valores dessas variáveis.



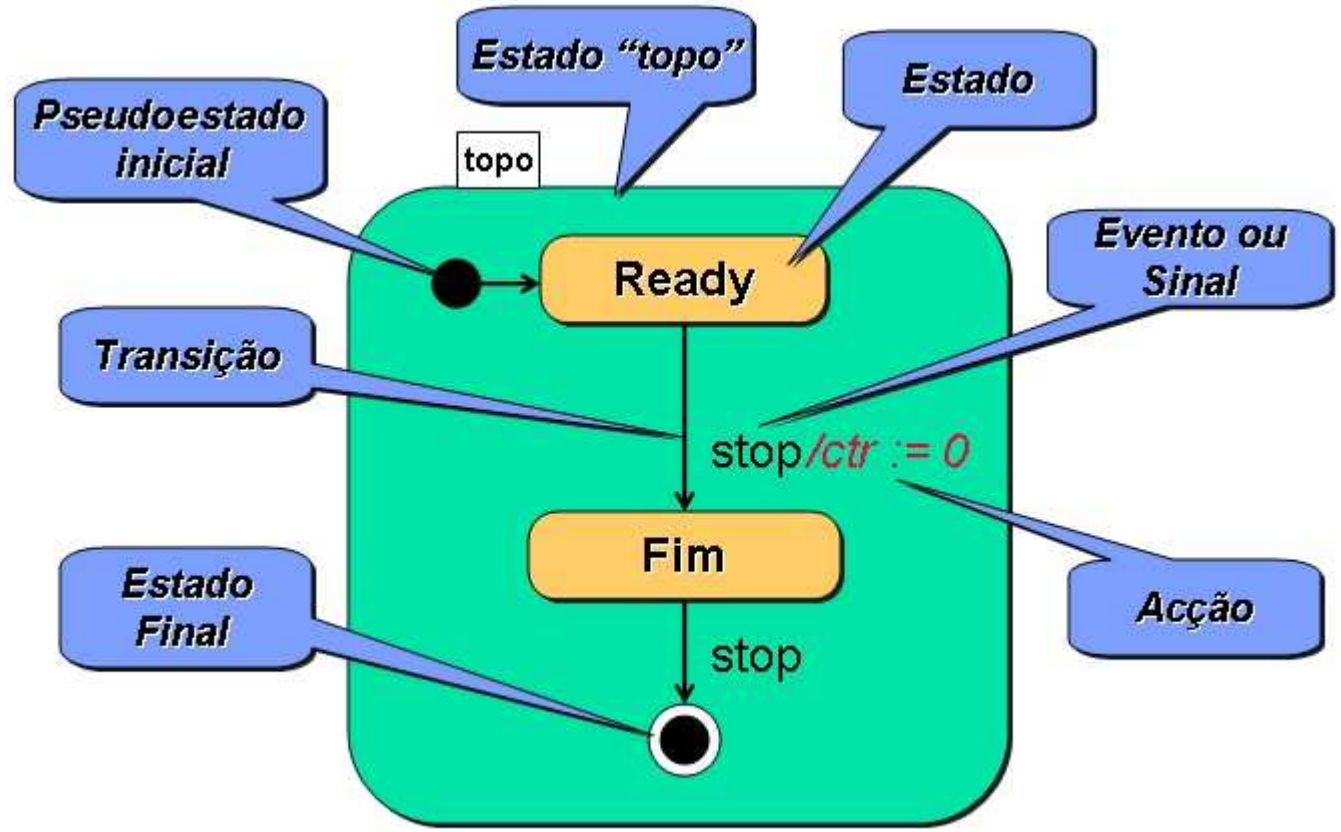
DIAGRAMAS DE ESTADOS (DME)

- **Uma máquina de estados estendida (Mealy) define-se como:**
  - um conjunto de sinais de entrada (alfabeto de input)
  - um conjunto de sinais de saída (alfabeto de output)
  - um conjunto finito de estados (cf. FSM – finite state machine)
  - um conjunto de transições (eventou ou sinal e acção)
  - um conjunto de variáveis
  - um estado inicial
  - um conjunto de estados finais (se o autómato termina)

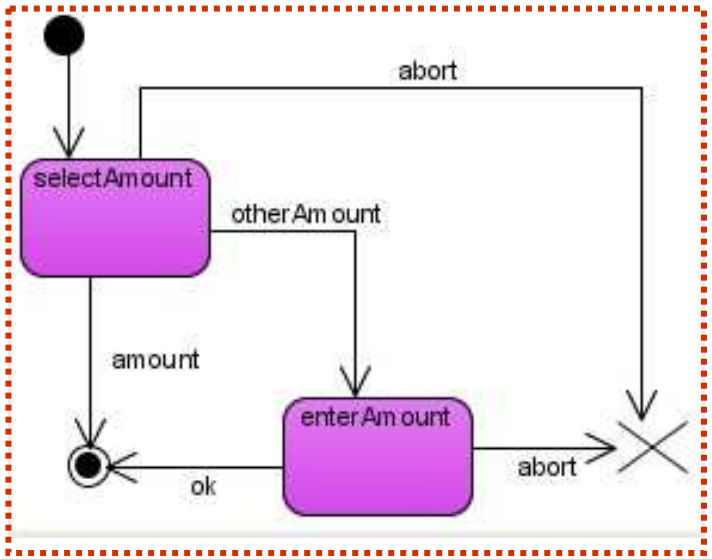
- **Máquinas de Estados apenas podem modelar comportamento discreto, ou seja, não contínuo e baseado na reacção a eventos, comportamento reactivo discreto (que não está sempre a ocorrer, ao contrário de um motor de carro ou sistema de ar condicionado).**

- **Ao contrário do estado de um objecto OO, que corresponde aos valores dos seus atributos num dado momento, os estados de um autómato são mais abstractos porque diferentes estados implicam diferentes reacções a eventos (comportamento diferente).**

Diagrama de Estados básico de UML



DME: Definições



Transições representam passagens de um estado a outro pela ocorrência de um **evento**.

Associado ao **evento** de uma transição podemos ter **parâmetros** e **acções**.

Há transições que são **condicionadas**, ou seja, **guardadas** por uma condição entre **[…]**. Se **true** há transição senão …

Quando uma máquina está num dado **estado** e ocorre um **evento**, **apenas uma transição de saída pode ser tomada**.

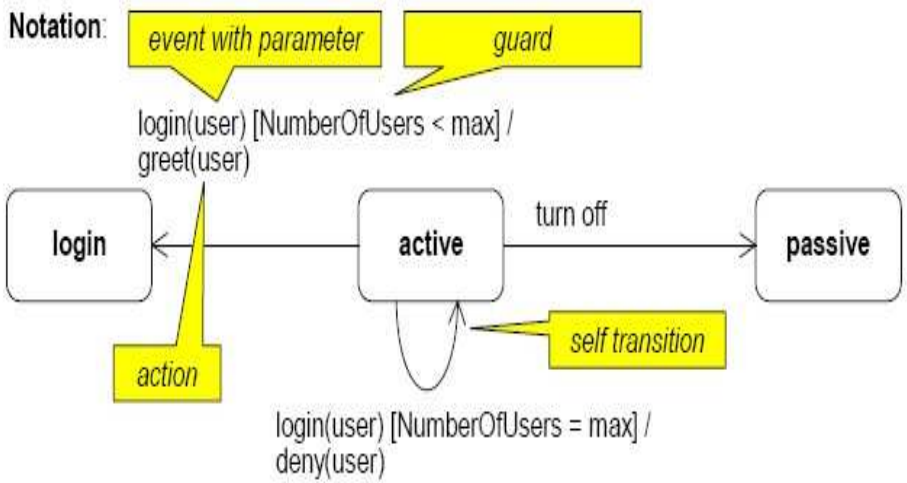
Eventos, transições e actividades são realizados de forma instantânea.

Forma geral:

evento(pars) [guarda] / acção

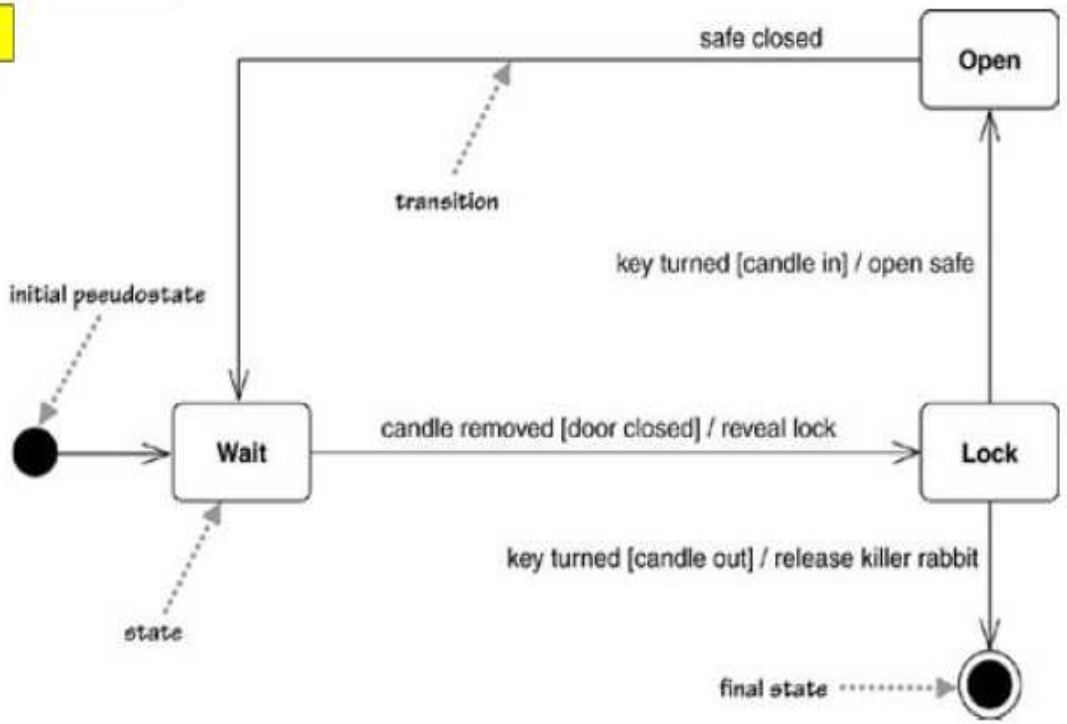
Qualquer das 3 partes é opcional !

DME: Exemplos



Um simples login …

Um cofre muito especial



DME: Refinamento

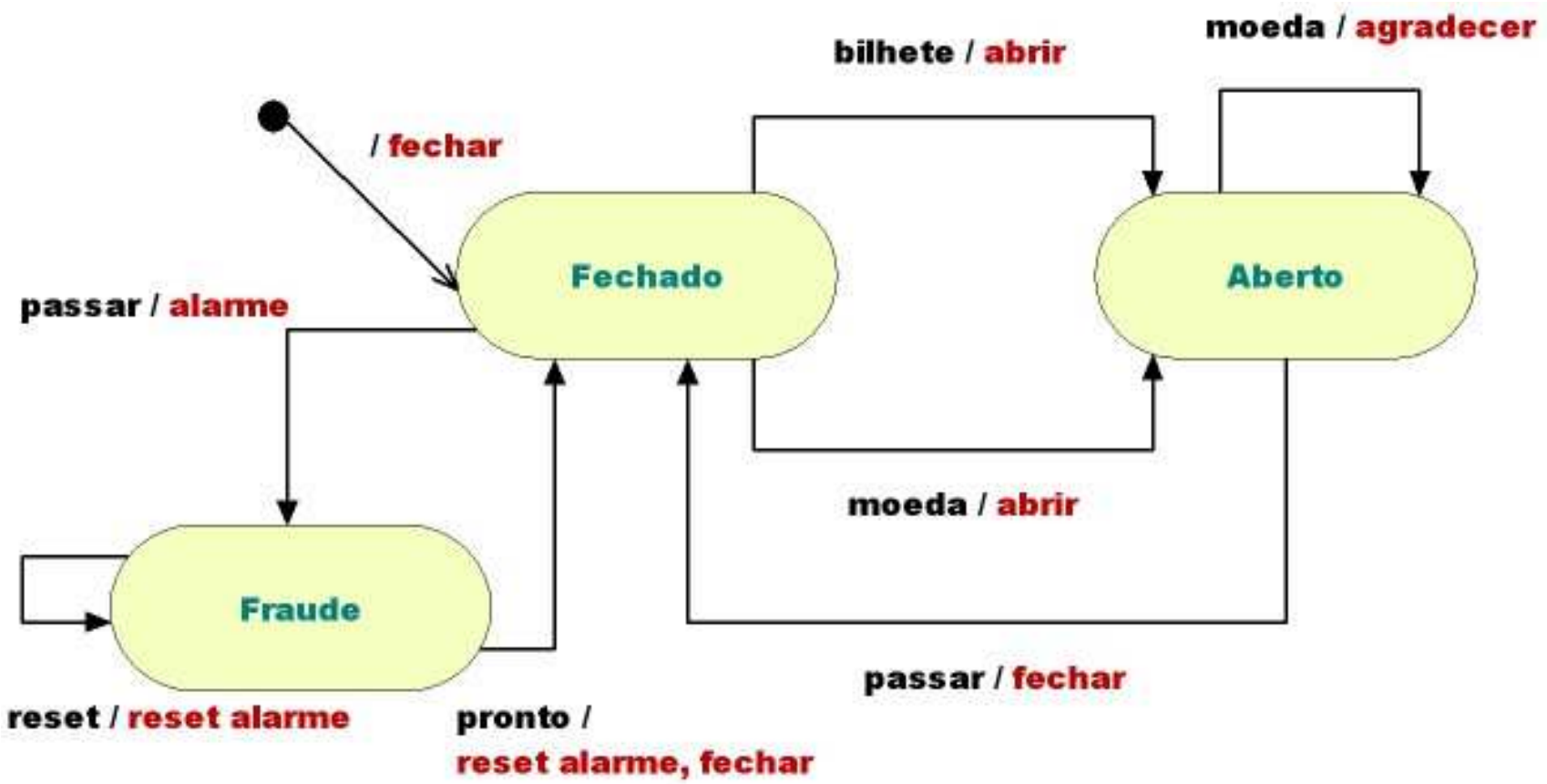
- Um **estado** é uma **situação particular** dentro das várias situações possíveis no ciclo de vida de um autómato, durante a qual o autómato possui dadas propriedades (cf. aberto, fechado, feliz, infeliz), satisfaz alguma condição (cf. transitável ou não, válido ou inválido), realiza alguma actividade (cf. faz soar o alarme, ou faz pisca-pisca), ou então apenas espera a ocorrência de algum evento válido.

- Tal como foi dito antes, **os estados relevantes de um DME são aqueles que respondem de forma diferente aos eventos que podem ocorrer** (ver exemplo seguinte);

- **Estes autómatos são determinísticos**, pelo que, tal como se disse antes, a especificação apenas estará correcta se, partindo-se de um qualquer estado actual, apenas 1 estado seguinte seja possível de atingir dadas as combinações de eventos e guardas. Esta propriedade é muito importante e designa-se por **determinismo**.

DME: Exemplo

DME: Torniquete de entrada no Metro ou num Estádio



DME: Implementações (I)

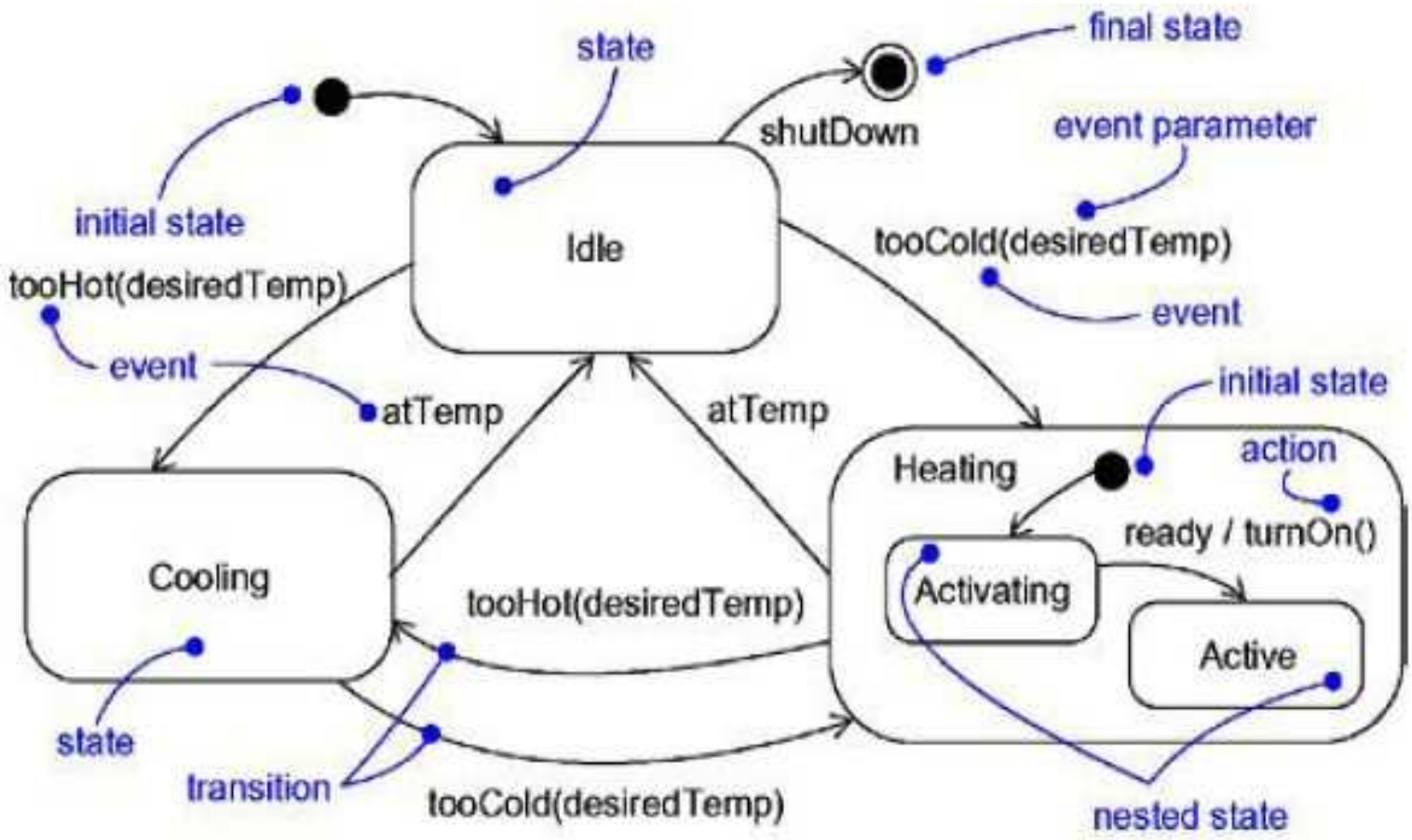
```
public static Estado estado = Estado.Fechado;
public enum Estado { Fechado, Aberto, Fraude };
public enum Evento { bilhete, moeda, passar, pronto, reset };
public void fechar();
public void abrir();
public void passar();
public void alarme();
.....
public void Transicao(Evento e) {
   switch(estado) {
      case Estado.Fechado:
           switch(e)  {
               case Evento.moeda: { estado = Estado.Aberto; abrir(); break; }
               case Evento.bilhete: { estado = Estado.Aberto; abrir(); break; }
               case Evento.passar: { alarme(); break; }
           }
      break;
      case Estado.Aberto:
           switch(e)  {
               case Evento.moeda: { escrever("obrigado"); break; }
               case Evento.passar: { fechar();  break; }
           }
      break;  .....
```

Implementação em tabela

Estado Origem	Estado Destino	Evento	Guarda	Actividade
pseudo	*Fechado*	*null*	true	*fechar*
Fechado	*Aberto*	*bilhete*	true	*abrir*
Fechado	*Aberto*	*moeda*	true	*abrir*
Fechado	*Fraude*	*passar*	true	*alarme*
Aberto	*Fechado*	*passar*	true	*fechar*
Fraude	*Fraude*	*reset*	true	*reset alarme*
Fraude	*Fechado*	*pronto*	true	*reset alarme, fechar*

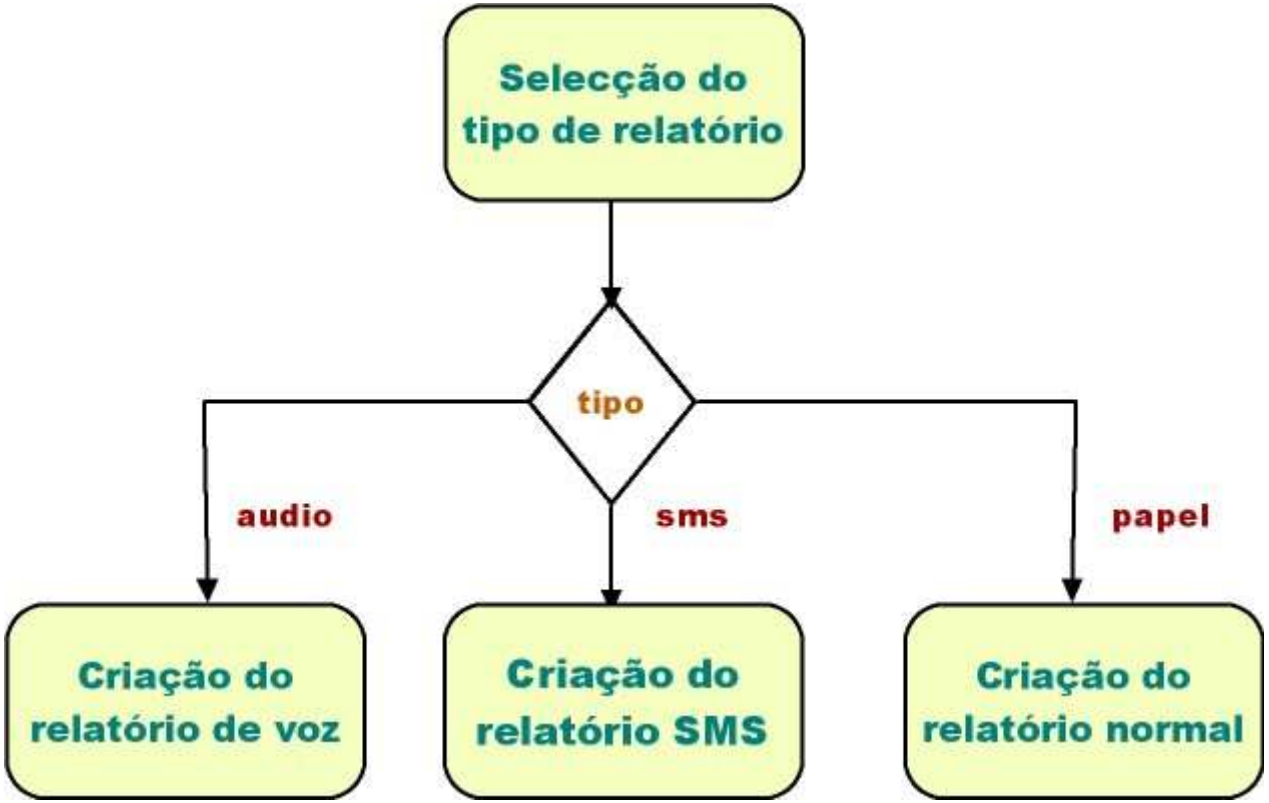
A implementação em tabelas é muito importante quando se pretende representar estes autómatos em Bases de Dados o que é muito comum, pois estes autómatos permitem representar o "ciclo de vida" de, por exemplo, um documento, um livro da biblioteca, uma tarefa, um meio complementar de diagnóstico médico, etc.

DME: Exemplo


state
final state
shutDown
event parameter
initial state
Idle
tooCold(desiredTemp)
tooHot(desiredTemp)
event
event
atTemp
atTemp
initial state
Heating
action
ready / turnOn()
Cooling
Activating
tooHot(desiredTemp)
Active
state
transition
tooCold(desiredTemp)
nested state

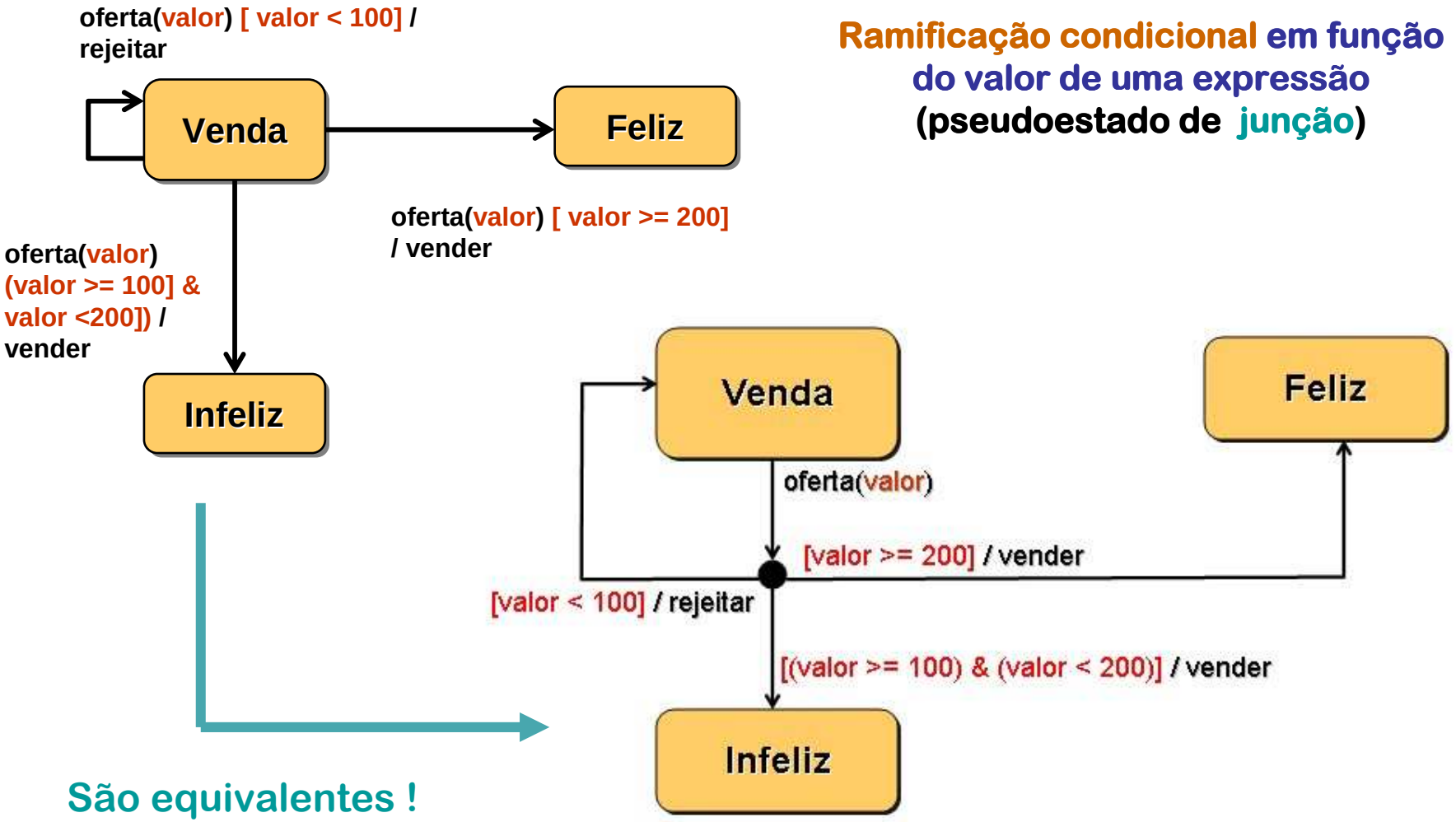
DME: Ramificação

Ramificação condicional em função do valor de uma expressão (pseudoestado de escolha)



DME: Junção

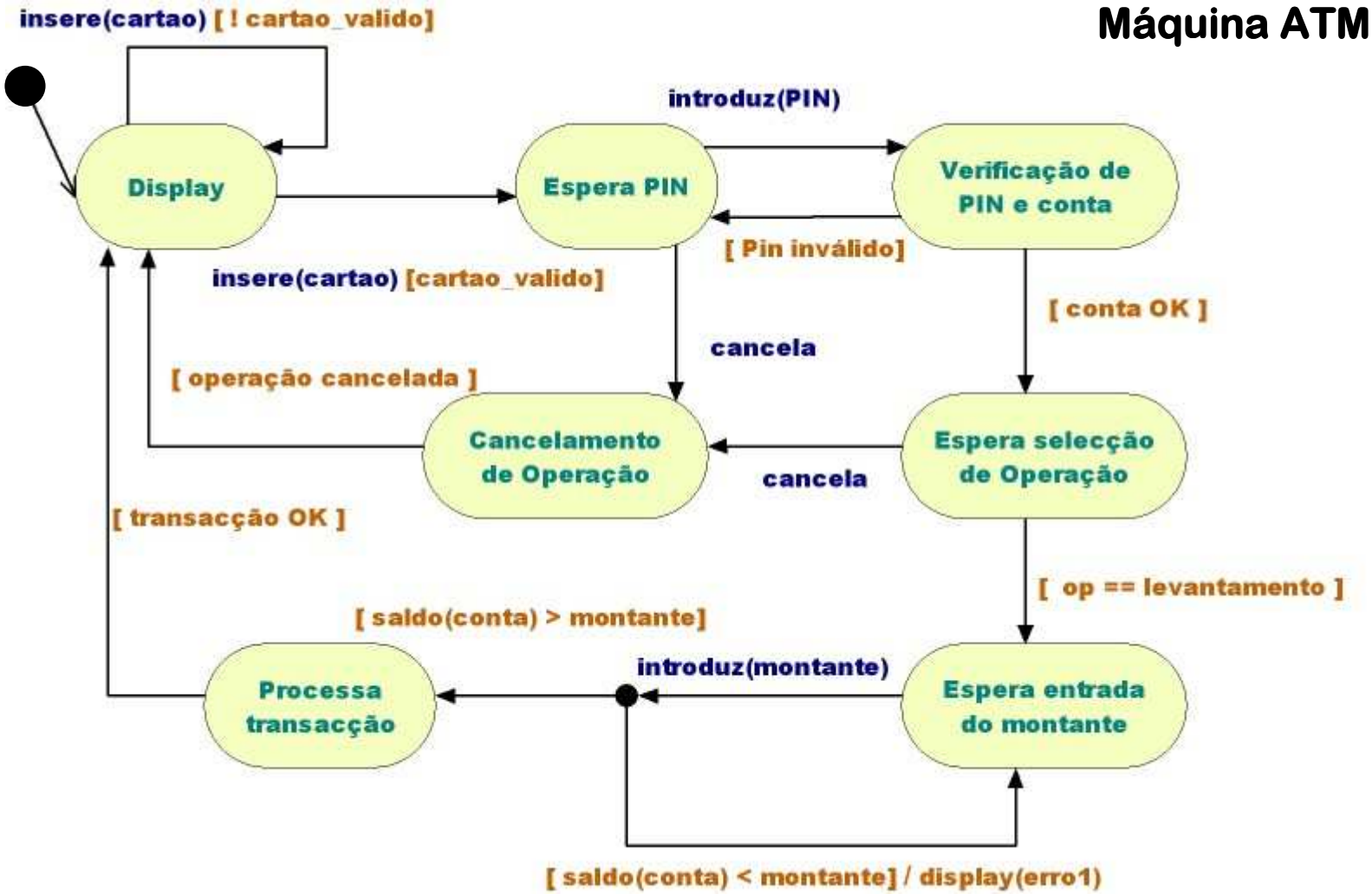
Ramificação condicional em função do valor de uma expressão (pseudoestado de junção)



São equivalentes !

DME: Exemplos

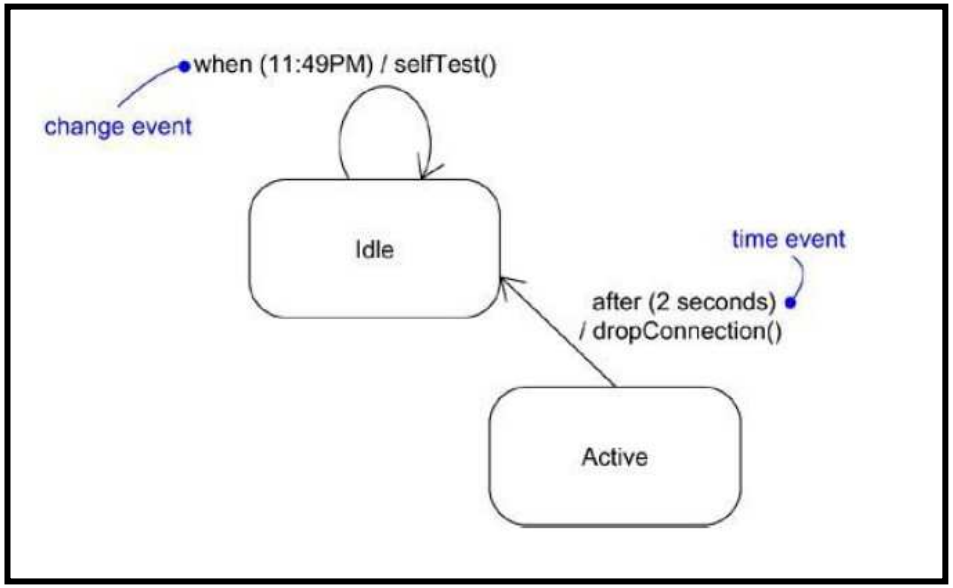
Máquina ATM

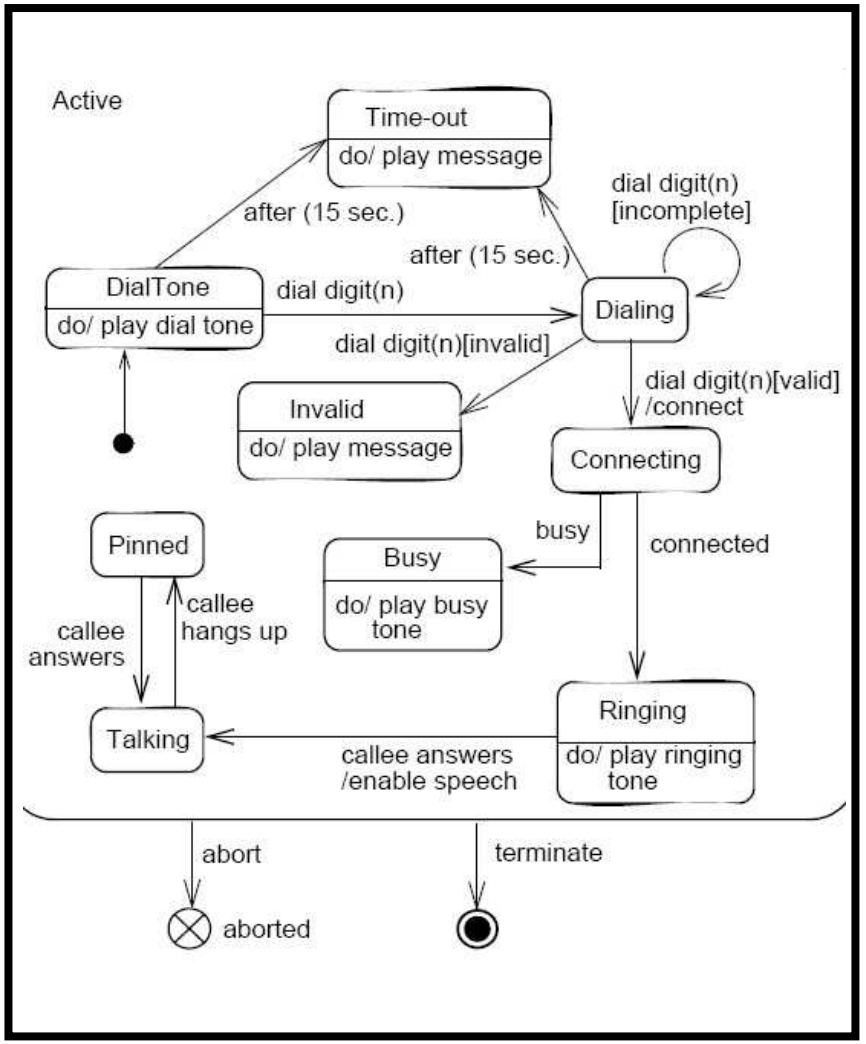


OUTROS EVENTOS

Tipo de Evento	Descrição	Sintaxe
de tempo relativo ou de tempo absoluto	Tempo relativo à entrada no estado origem ou tempo absoluto	*after(time)* after(10s) after(21:00)
de tempo absoluto	Chegada a um dado tempo absoluto; Verificação de condição	*when(time)* *when(expr_bool)* when(1:00 AM) when(qt >= 50 ct)
de chamada de operação	Recepção de uma chamada síncrona	*op(a:T)*
de recepção de sinal	Recepção de uma comunicação assíncrona	*sinal(a:T)*

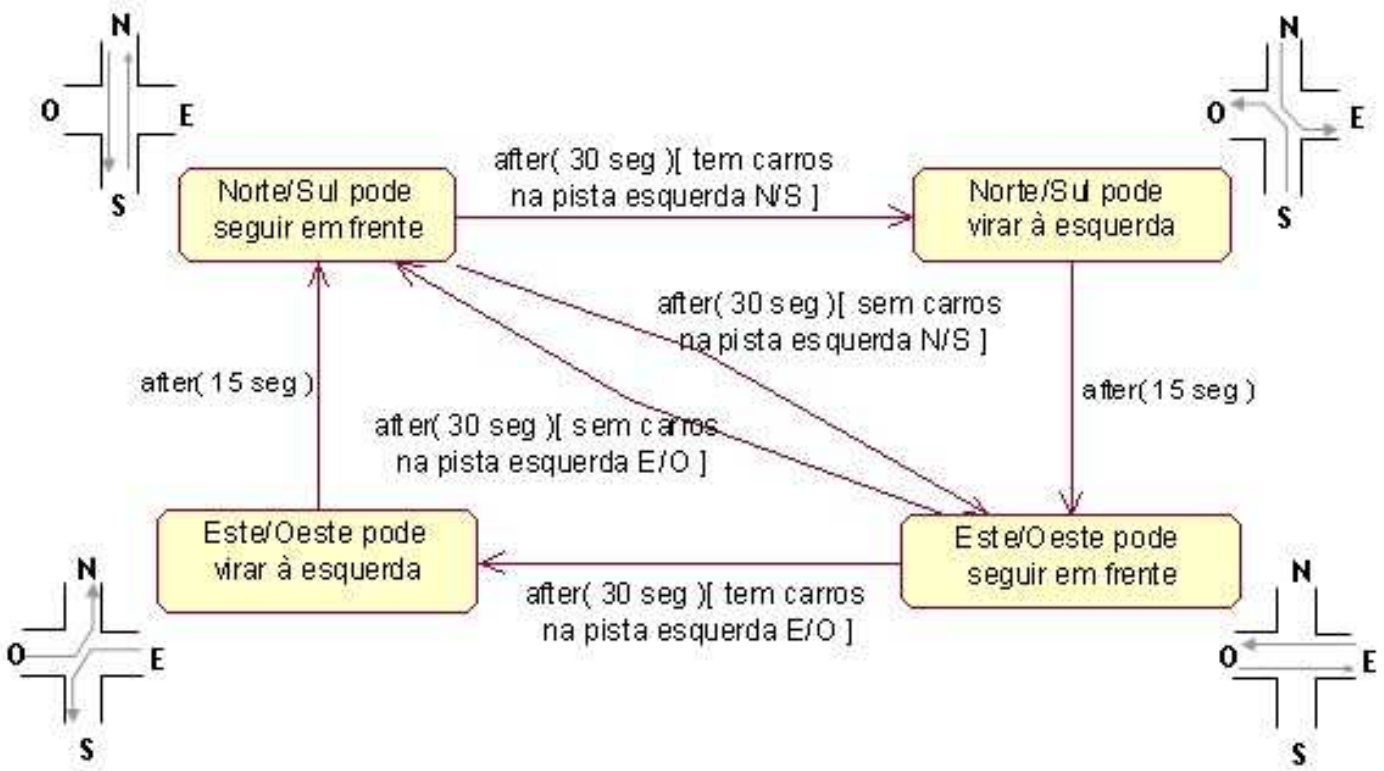
DME: Eventos especiais





Exemplos de utilização dos eventos especiais when() e after()

Exemplo: Semáforo

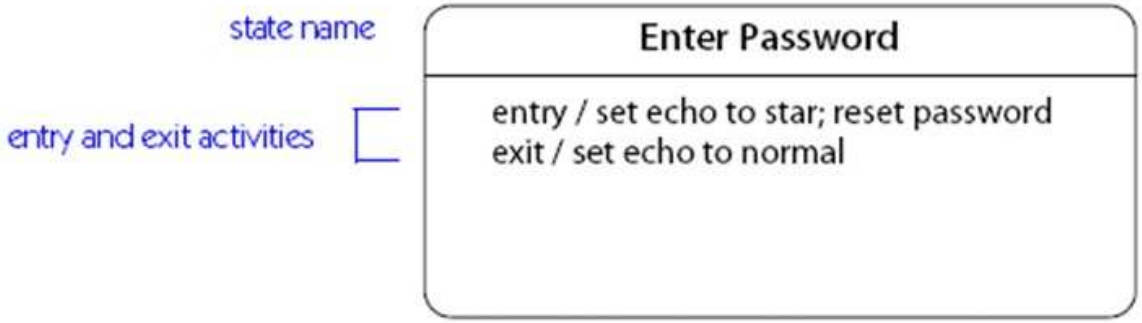


DME: Actividades Internas

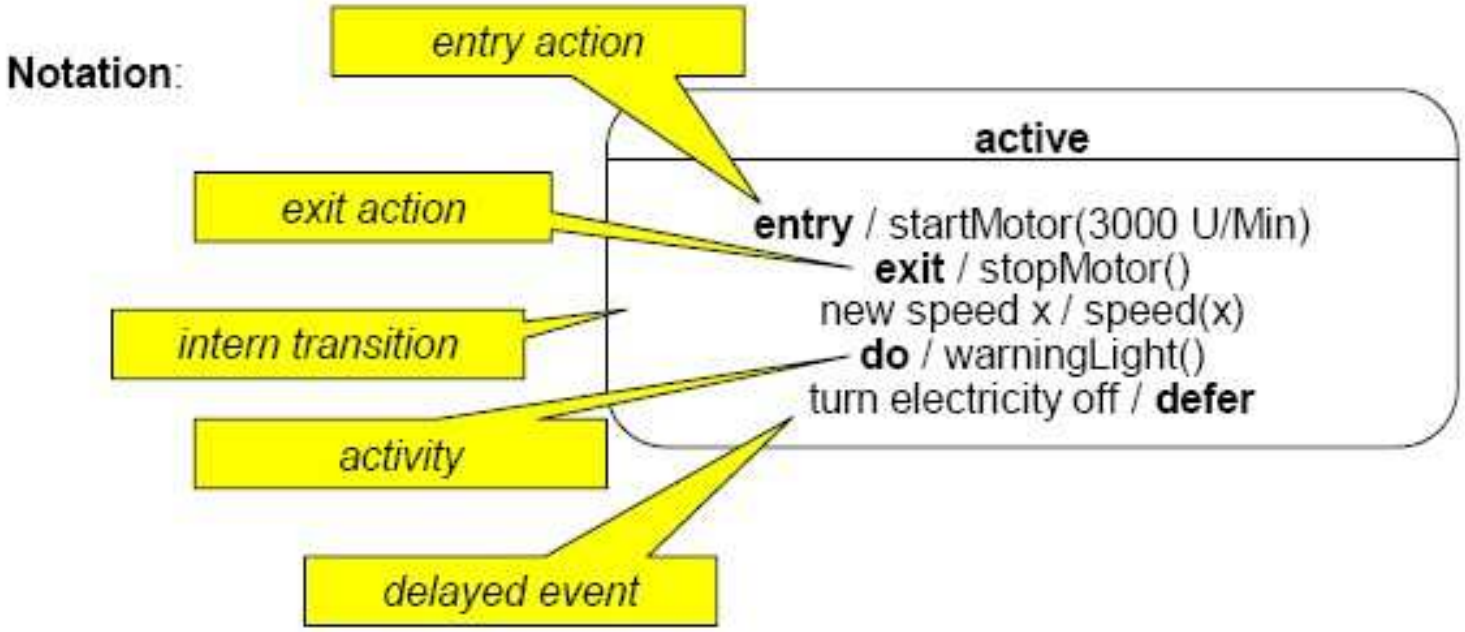
▣ Porém, os estados podem ter actividades internas, ou seja, quer quando são alcançados, ou atingidos, podem executar de imediato as acções associadas ao evento interno **entry**, quer quando são abandonados podem executar as acções associadas ao evento **exit**. Podem ainda definir eventos que têm tratamento dentro do mesmo estado, ou seja, que não provocam transições de estado mas apenas acções realizadas internamente e apenas com efeito interno (designadas "self-transitions").

Evento/Acção	Definição
entry / acção	Acção executada ao entrar no estado
do / acção	Acção executada enquanto estado activo
exit / acção	Acção executada ao sair do estado
event / acção	Acção instantaneamente executada se evento ocorrer

DME: Actividades Internas

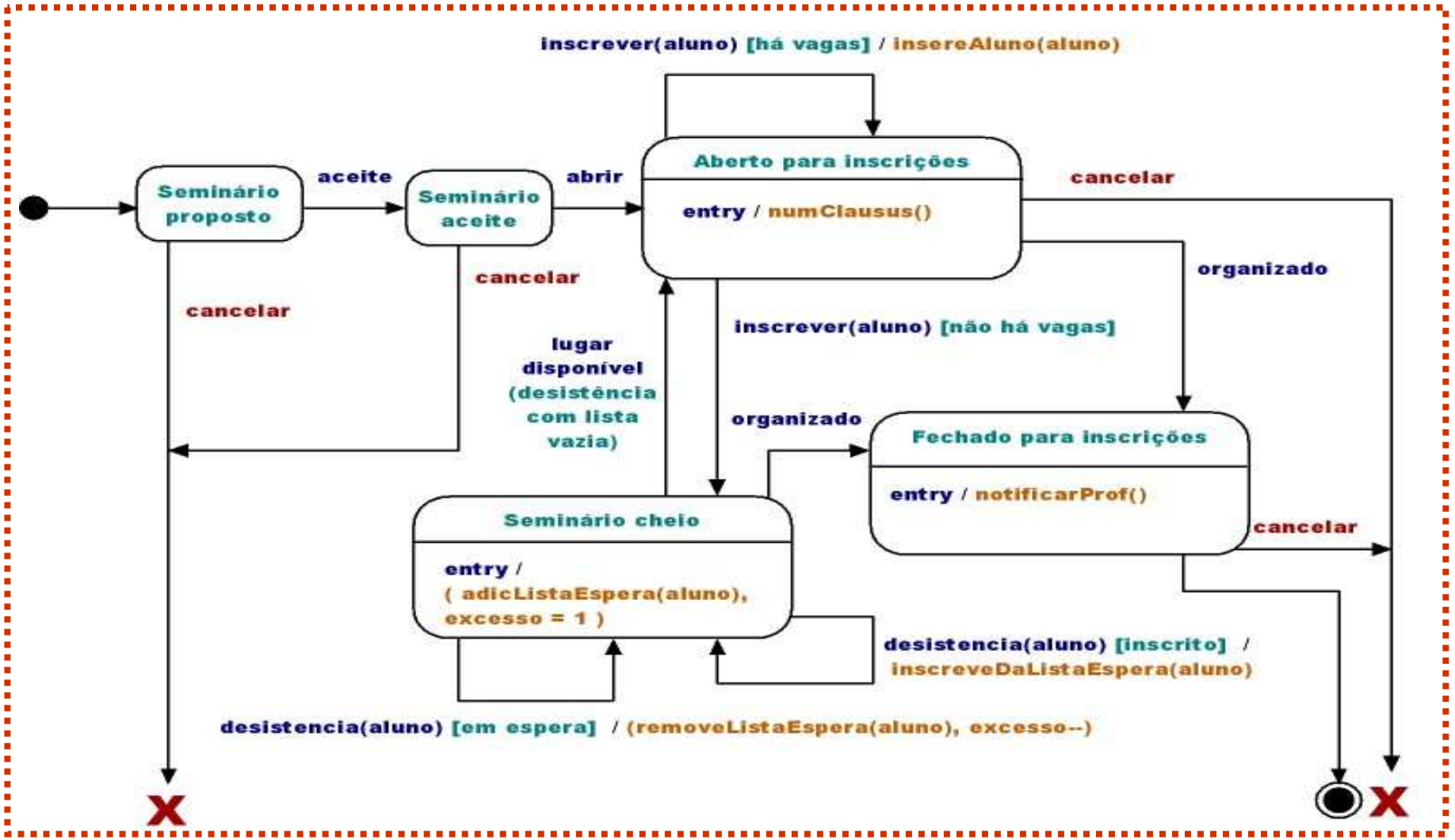


Notation:



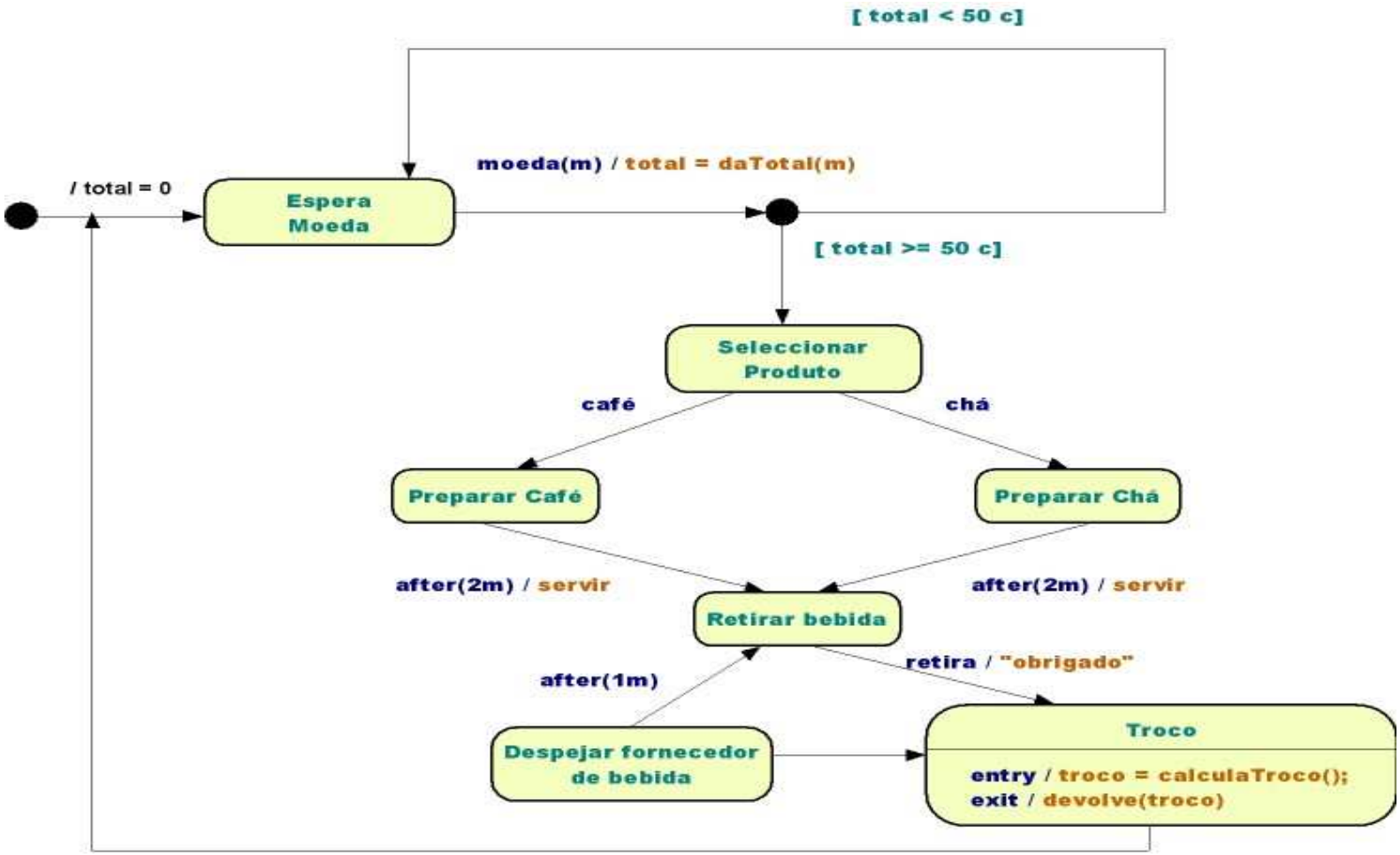
DME: Actividades Internas

Inscrição de alunos num seminário com nº limitado de vagas



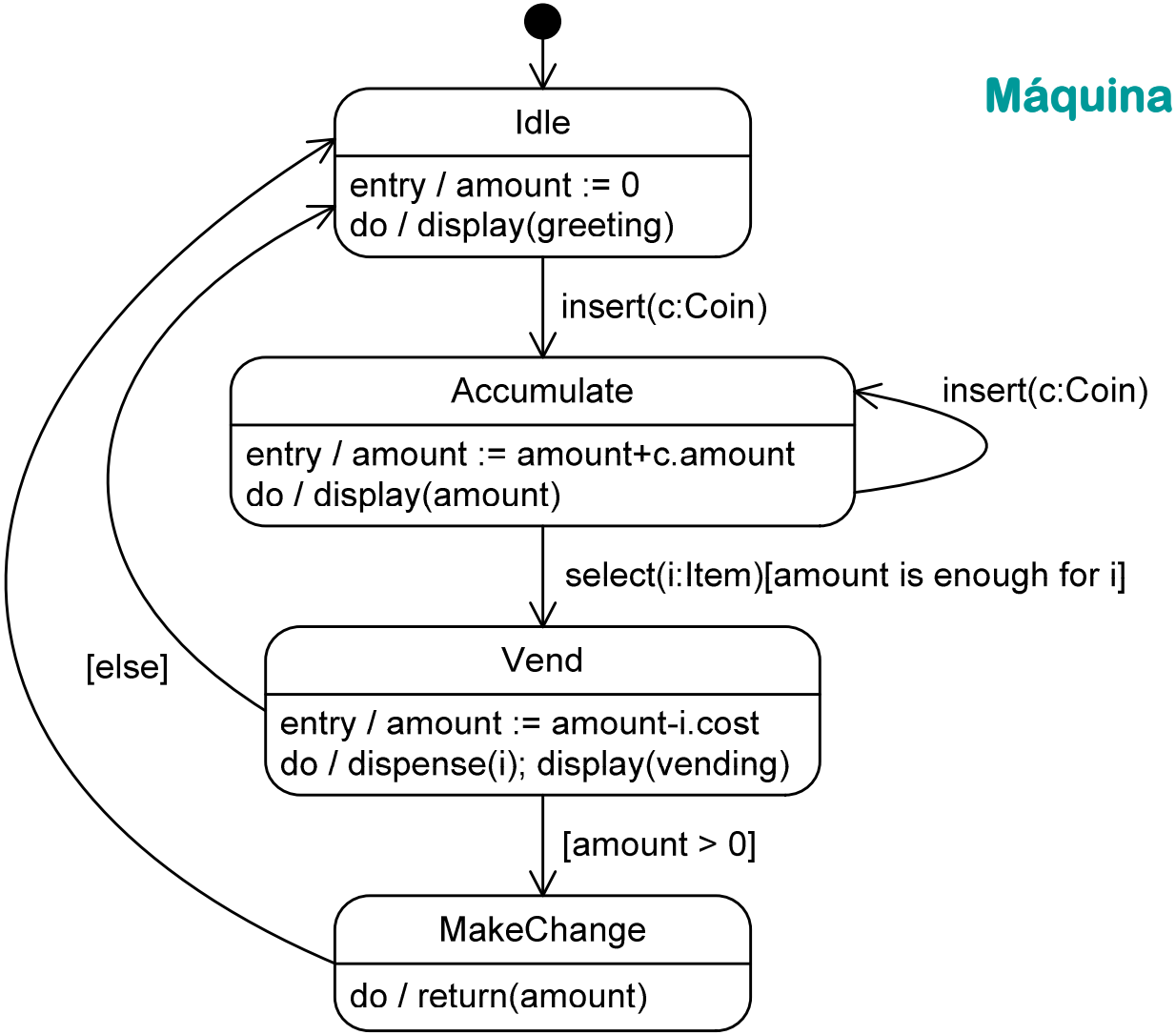
DME: Actividades Internas

Máquina de Venda I

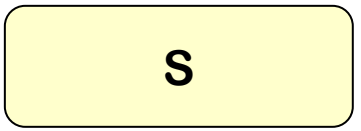
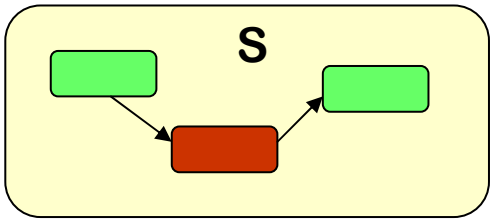
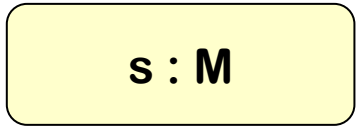
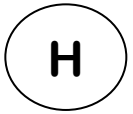


DME: Actividades Internas

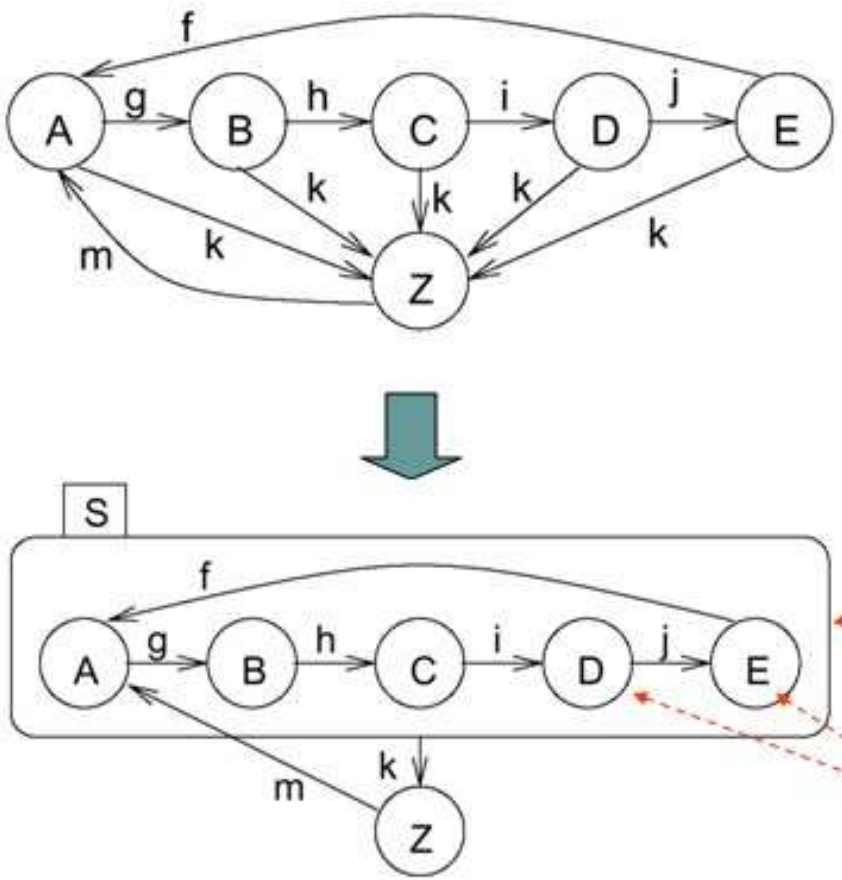
Máquina de Venda II



OUTROS ESTADOS I

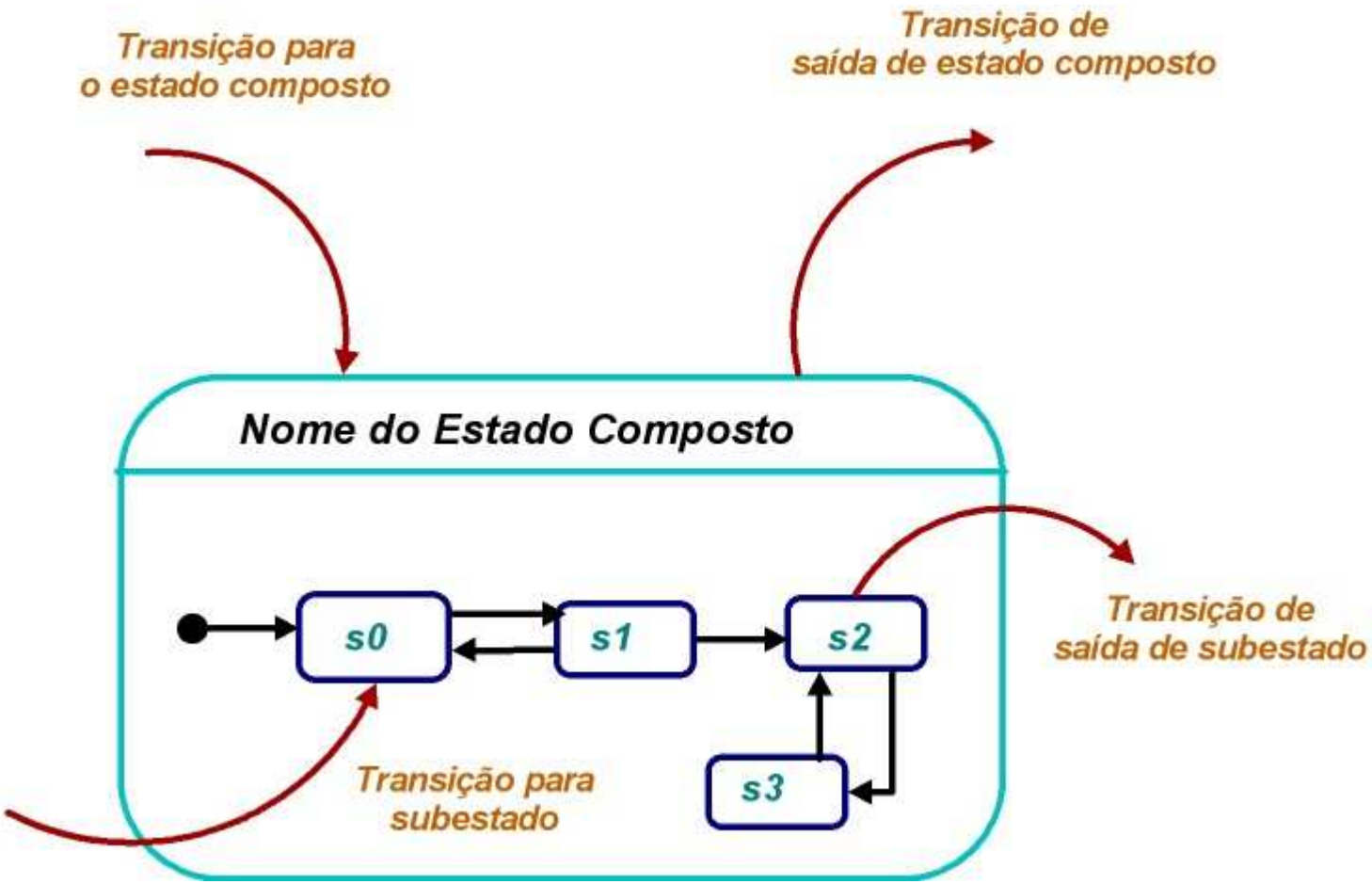
Tipo de Estado	Descrição	Notação
simples	Estado sem subestrutura	
composto sequencial	Estado composto formado por subestados, dos quais apenas um está activo quando o estado composto está activo	
estado de submáquina	Estado que referencia uma máquina de estados	
estado história	pseudo-estado cuja activação repõe o estado previamente activo num estado composto	

DME: Estado Composto

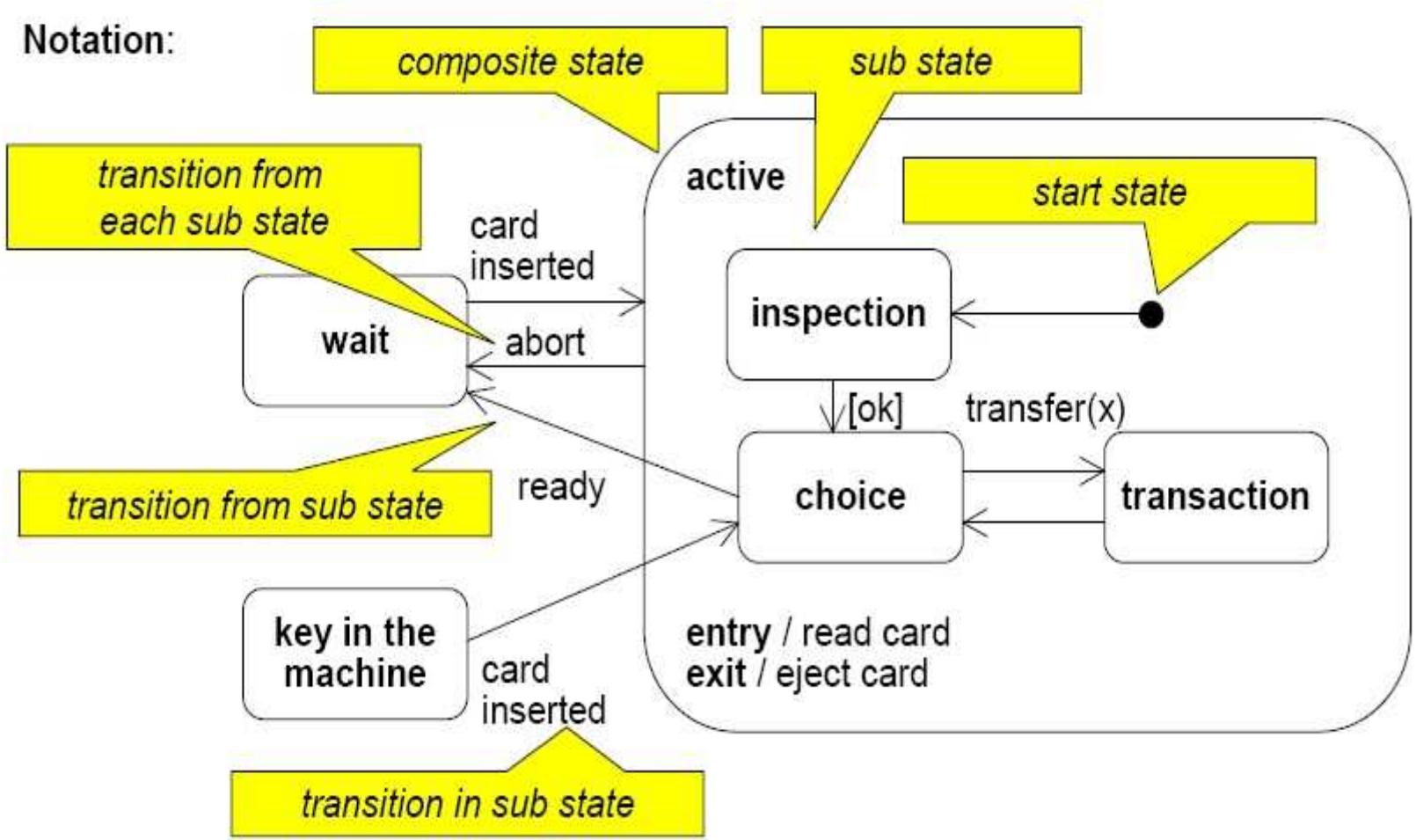


Estados compostos são muito úteis na estruturação dos diagramas de estado

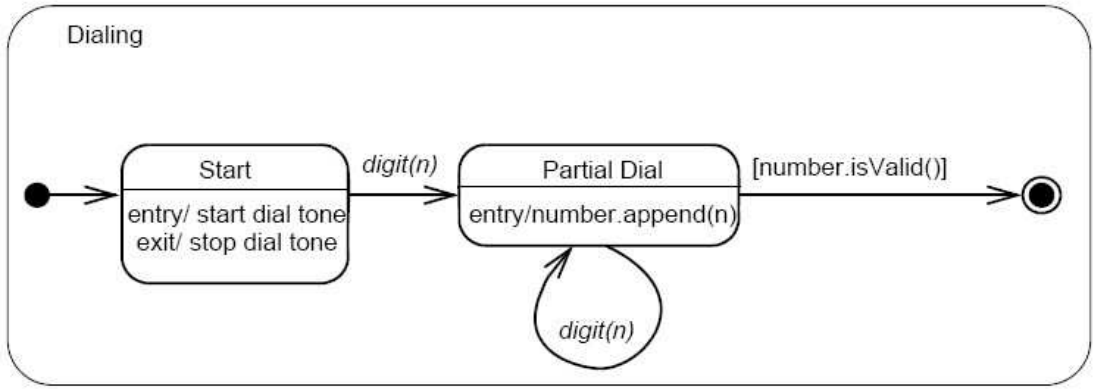
DME: Estado Composto

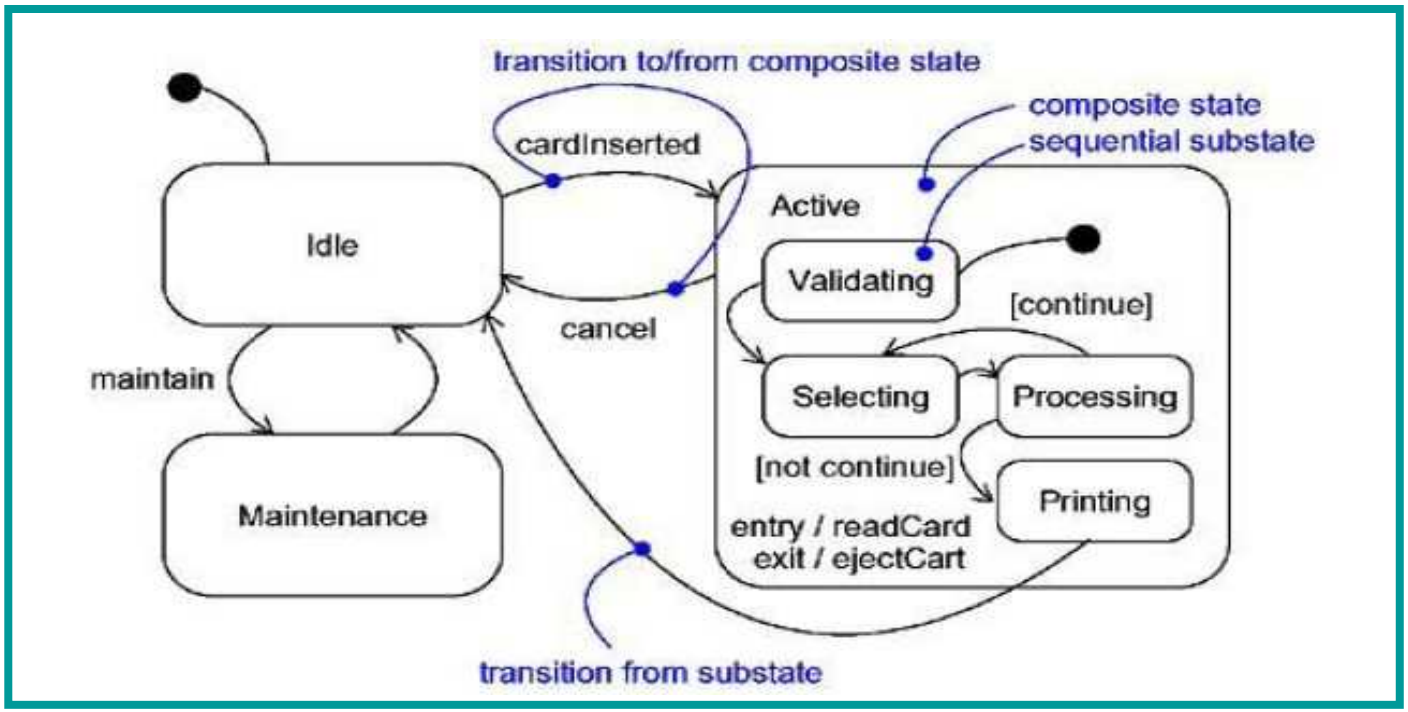


DME: Estado Composto

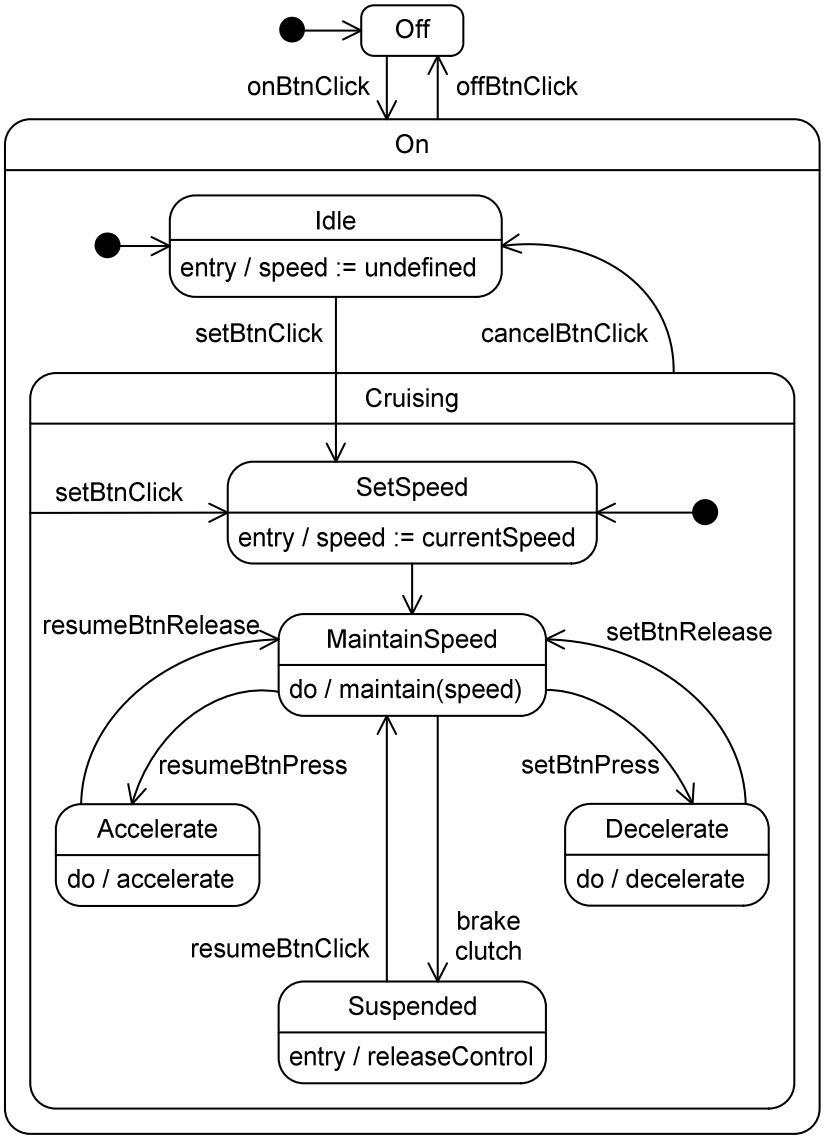


DME: Estado Composto





DME: Estado Composto

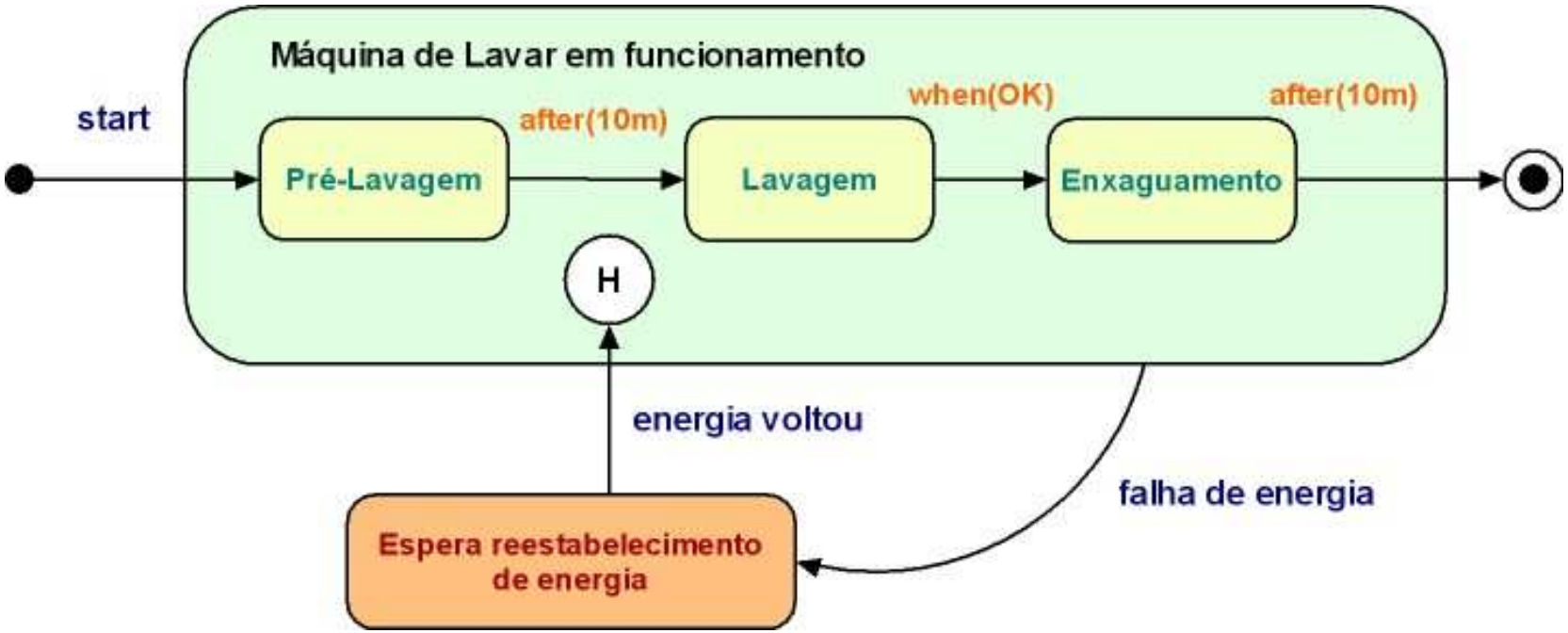


Note-se que o estado On é composto por dois subestados, Idle e Cruising, sendo Cruising igualmente um estado composto.

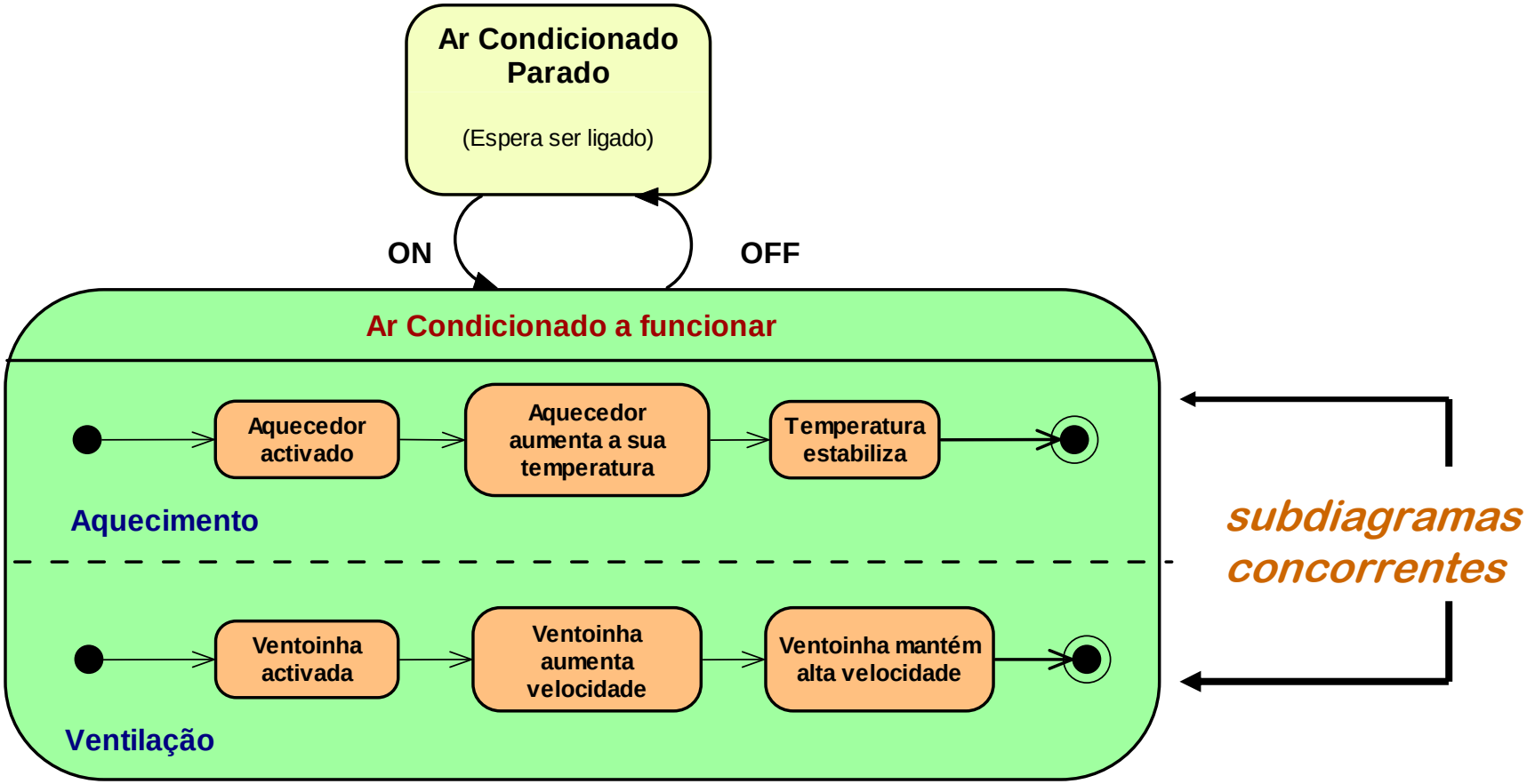
O nível de aninhamento é ilimitado, ou melhor, apenas limitado pela capacidade de compreensão e clareza.

DME: Memória

▣ O pseudo-estado de memória indica que a actividade da máquina é retomada no exacto último estado completo em que esta se encontrava aquando da última saída (cf. hibernar em PCs).



DME: Estado com Concorrência

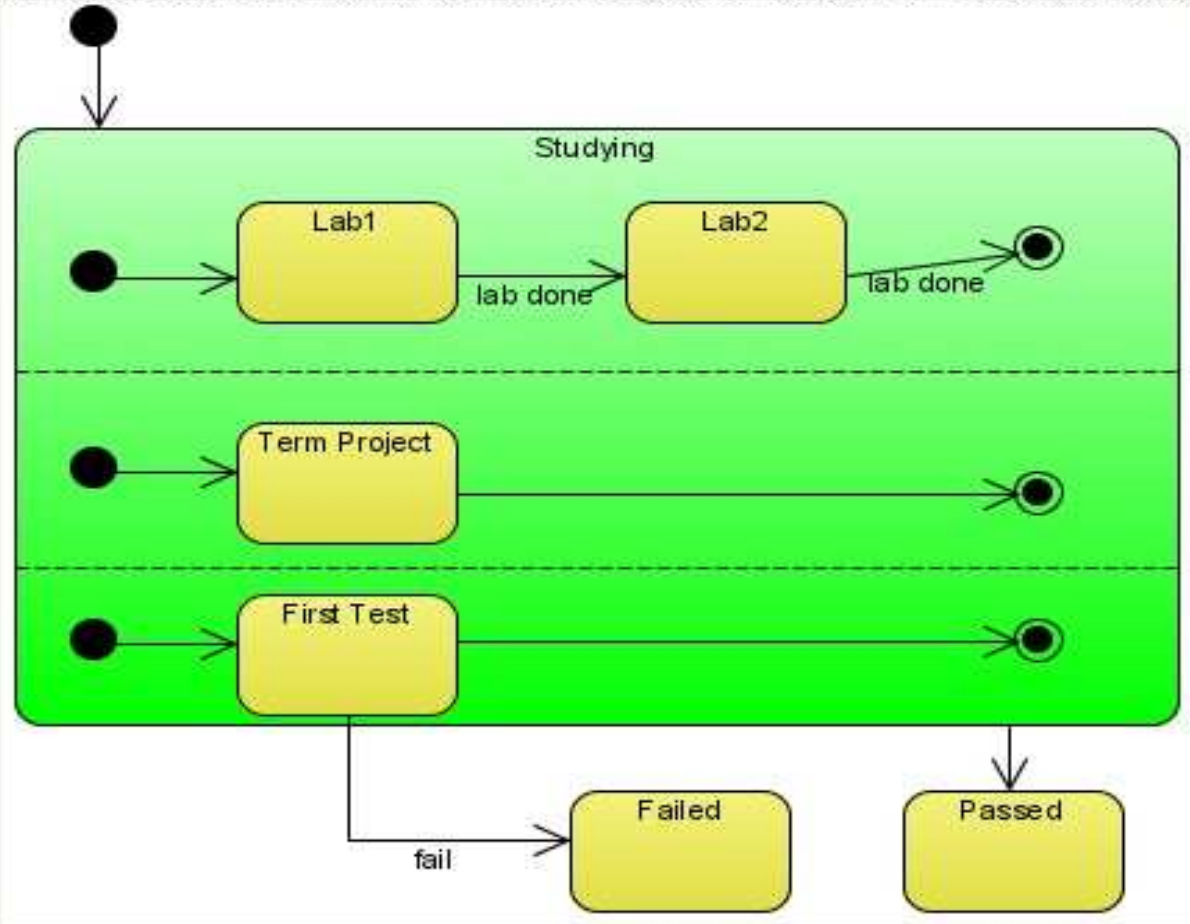


Quando se entra neste estado, os dois subdiagramas são executados de forma concorrente. O comportamento termina quando terminarem os 2.

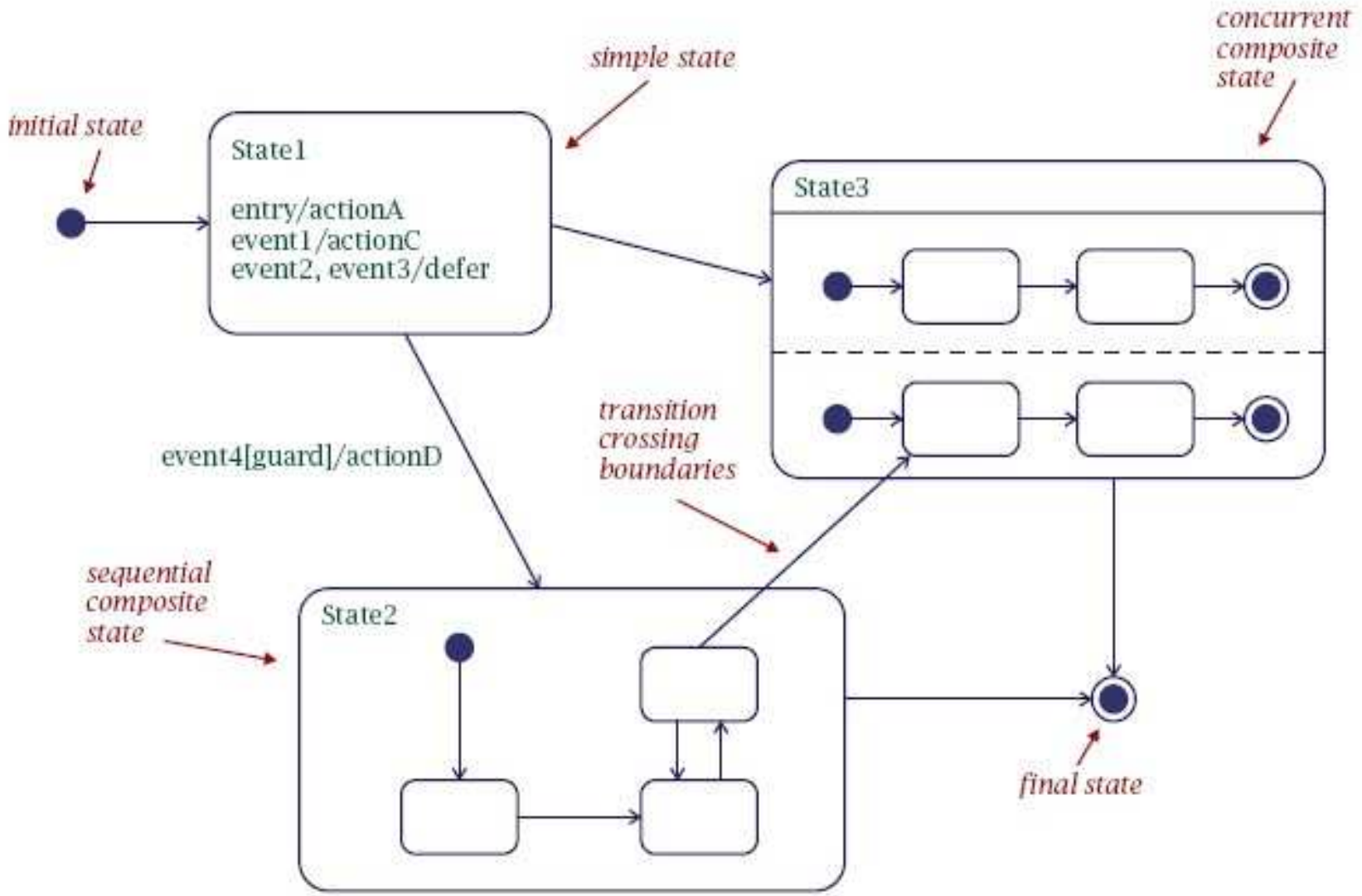
DME: Concorrência/Regiões

Region

A region is an orthogonal part of either a composite state or a state machine. It contains states and transitions.(OMG Unified Modeling Lanauge Specification - UML 2.0 Superstructure Specification, p. 597)

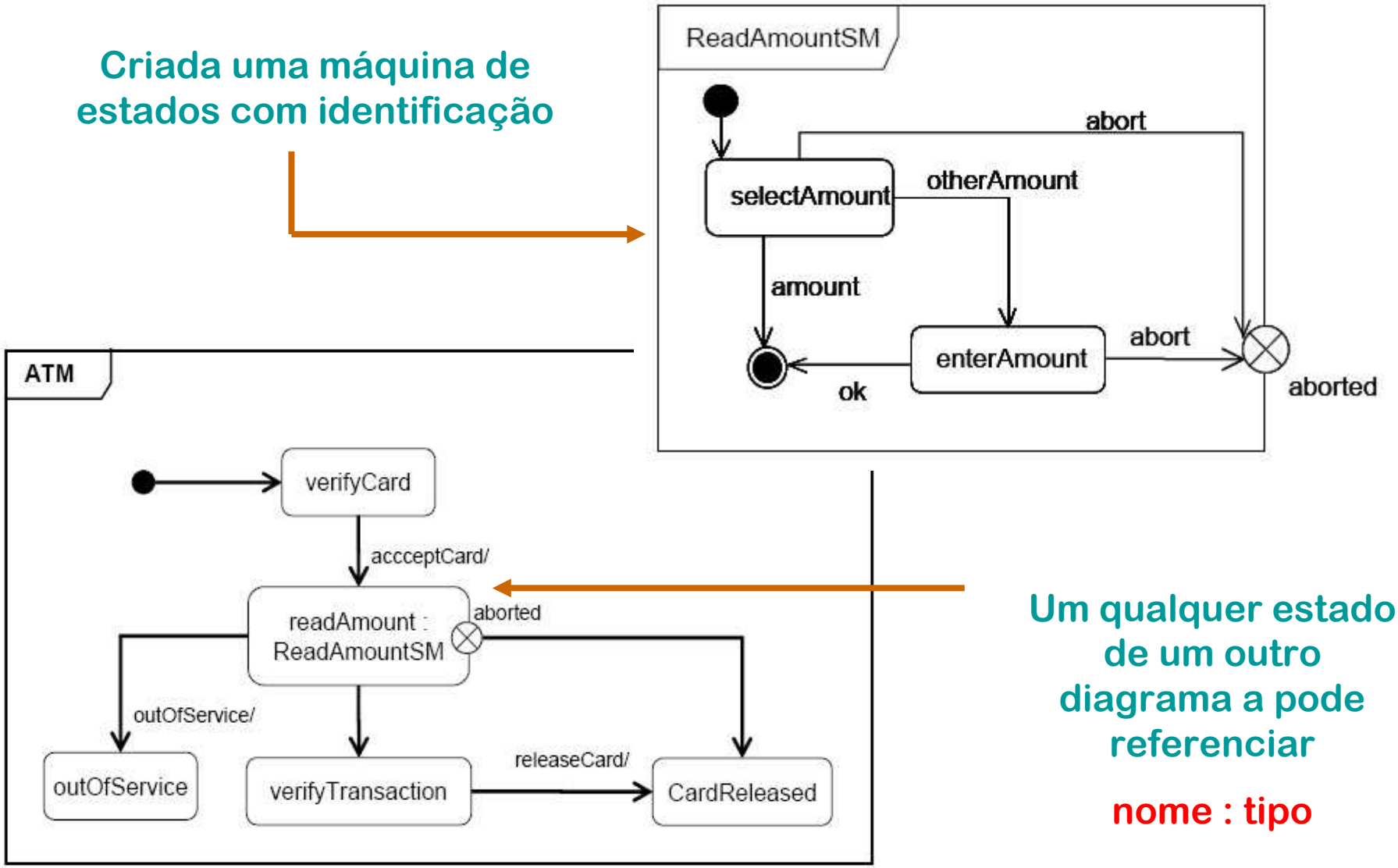


DME: Síntese


concurrent composite state
simple state
initial state
State1
entry/actionA
event1/actionC
event2, event3/defer
State3
transition crossing boundaries
event4[guard]/actionD
sequential composite state
State2
final state

DME: Estados Sub-Máquinas

Criada uma máquina de estados com identificação



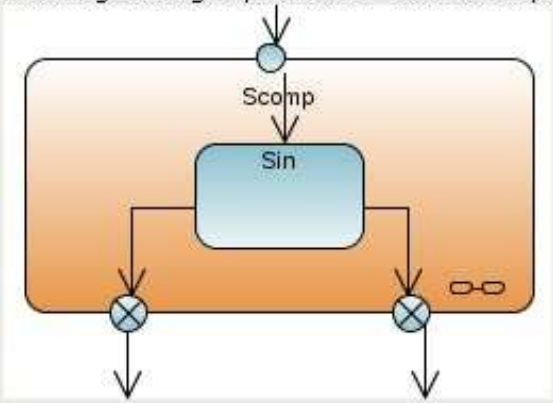
Um qualquer estado de um outro diagrama a pode referenciar

nome : tipo

DME: "Entry/Exit points"

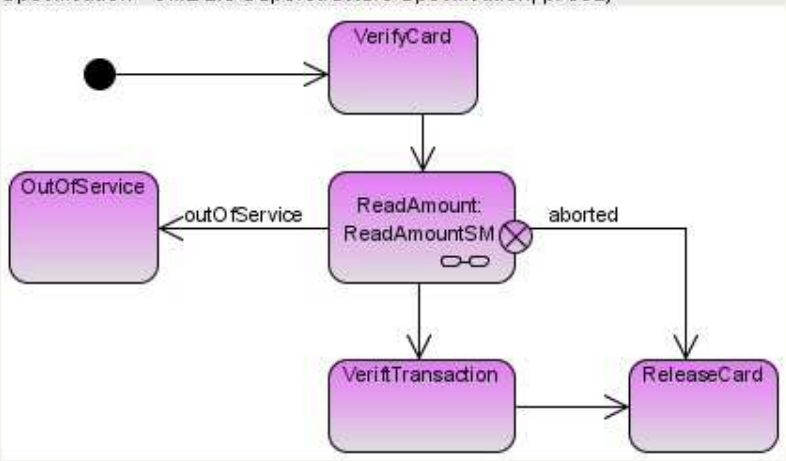
Entry point

An entry point pseudostate is an entry point of a state machine or composite state. In each region of the state machine or composite state it has a single transition to a vertex within the same region.(OMG Unified Modeling Lanauge Specification - UML 2.0 Superstructure Specification, p. 592)

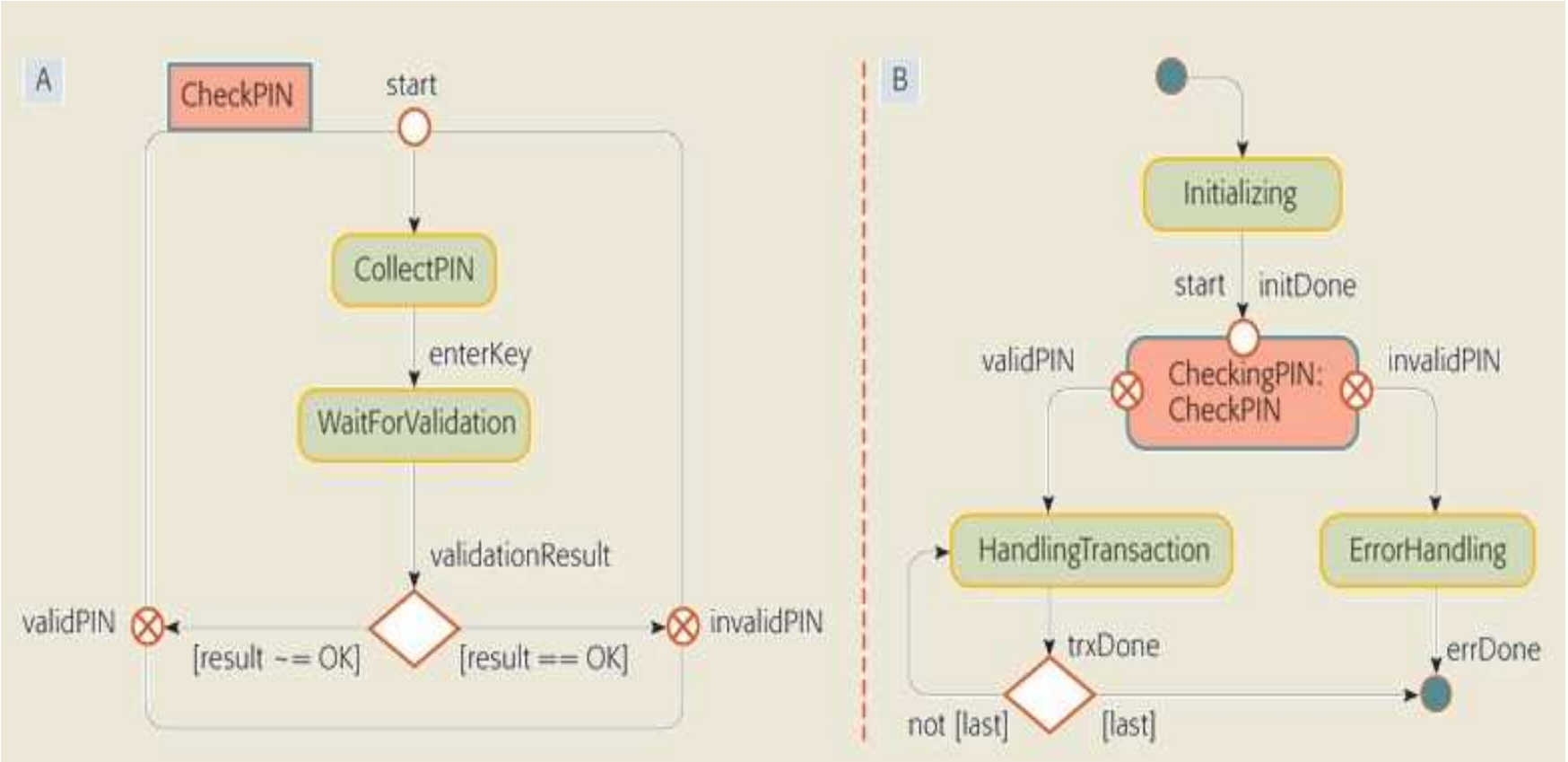


Exit point

An exit point pseudostate is an exit point of a state machine or composite state. Entering an exit point within any region of the composite state or state machine referenced by a submachine state implies the exit of this composite state or submachine state and the triggering of the transition that has this exit point as source in the state machine enclosing the submachine or composite state.(OMG Unified Modeling Lanauge Specification - UML 2.0 Superstructure Specification, p. 592)

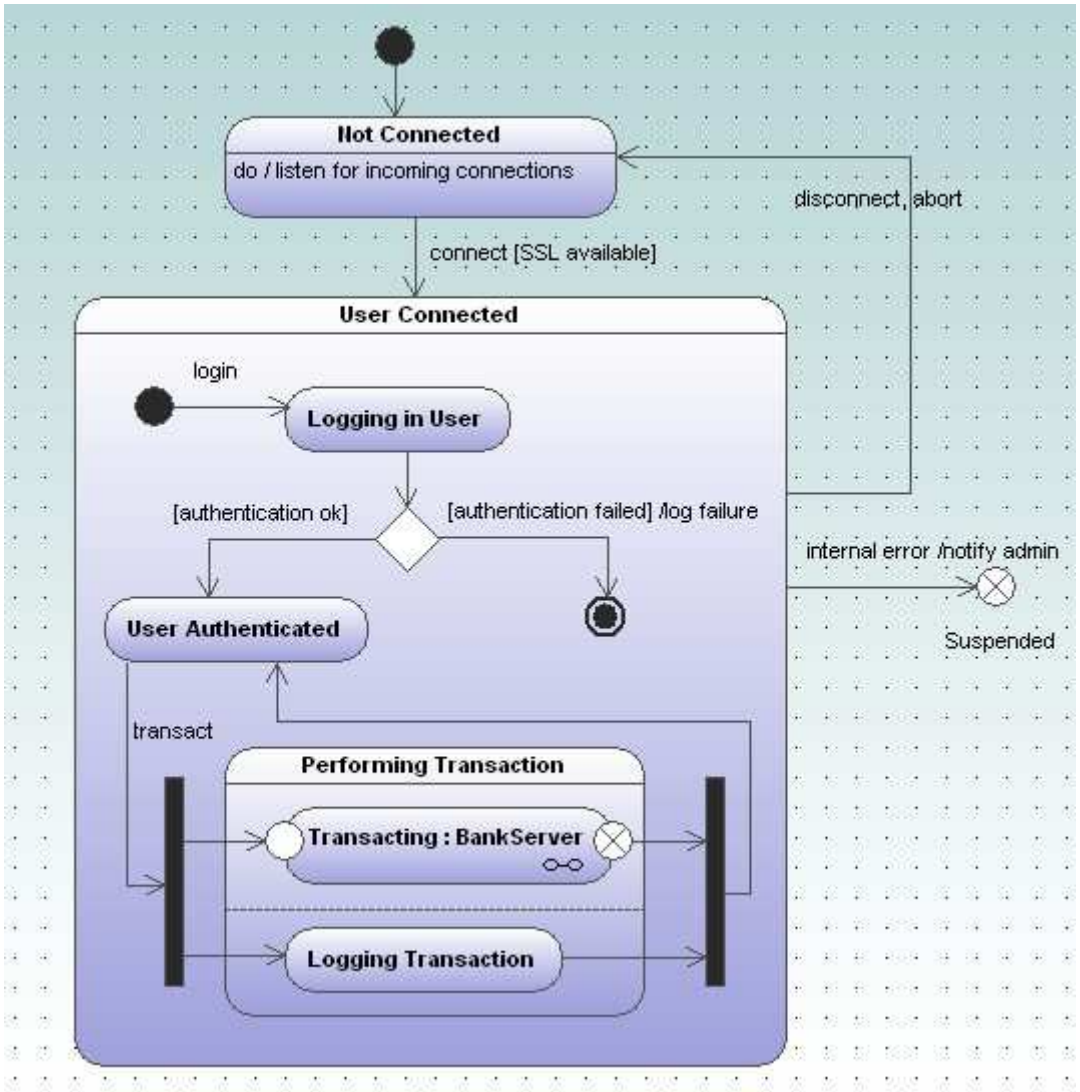


DME: Submáquinas



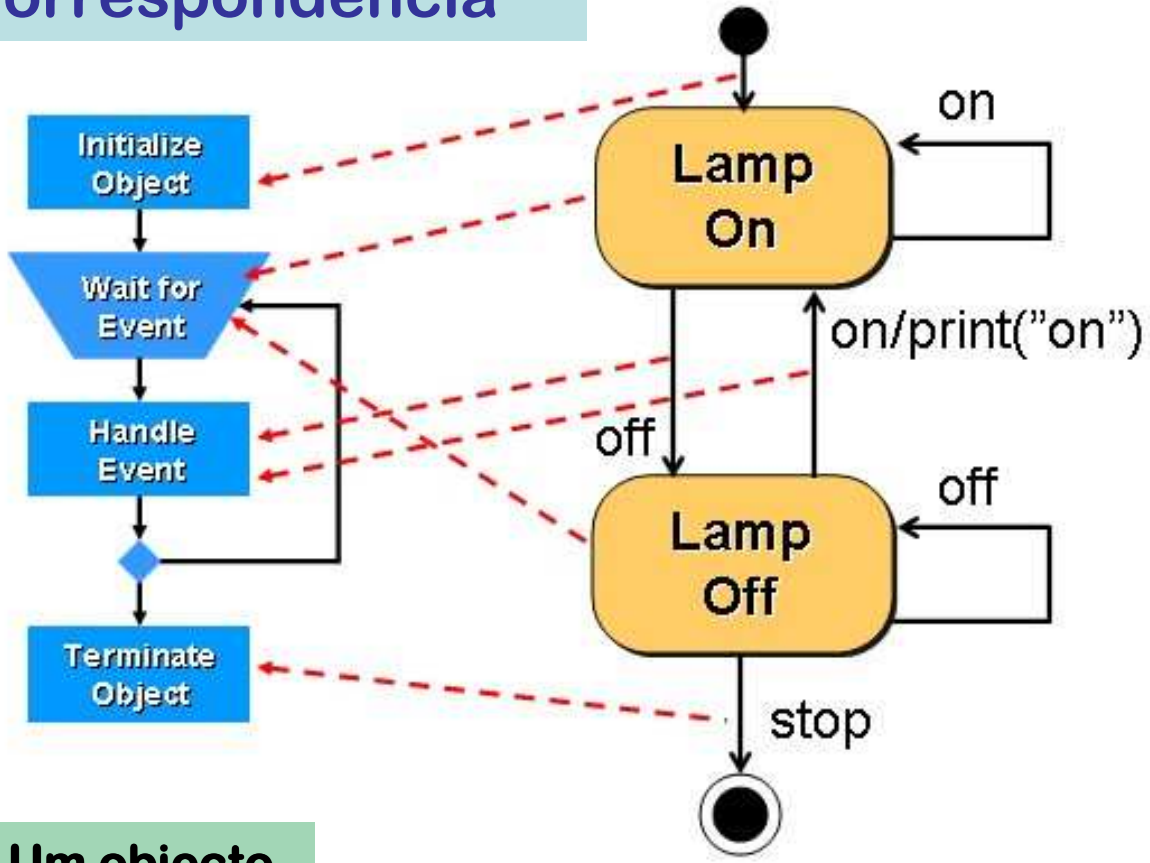
▣ **Submáquina CheckPIN**

DME: Exemplo



Especificação dos passos do estabelecimento de uma ligação segura (SSL) a um servidor bancário para realizar transacções

Correspondência



Um objecto servidor

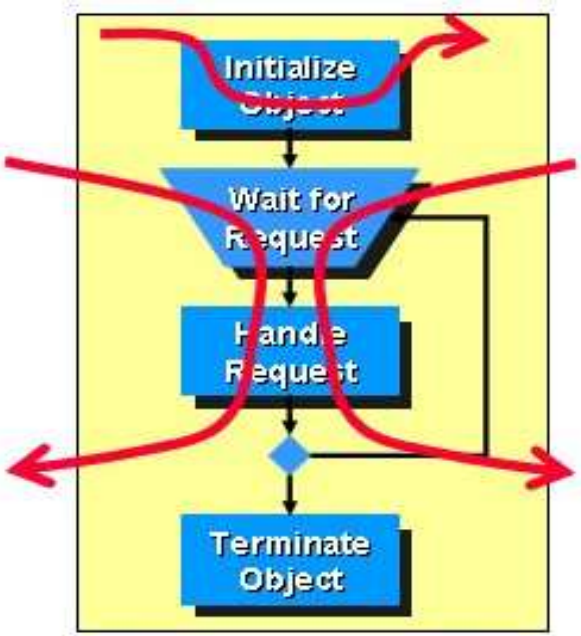
Uma FSM

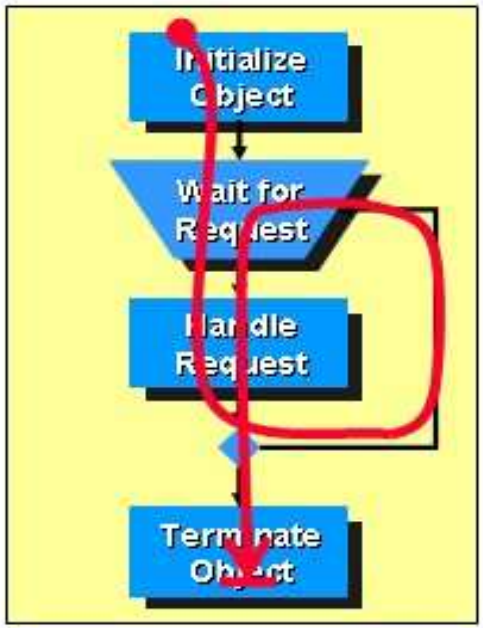
DME: Objectos Activos

► **Objectos passivos** possuem fluxos de execução que dependem de "energia" e "inteligência ou controlo" exterior (cf. **invocação de métodos**);

► **Objectos activos** possuem **"energia"** para definir e executar os seus próprios fluxos de execução (**"threads"**, cf. **processos leves**);

PASSIVO





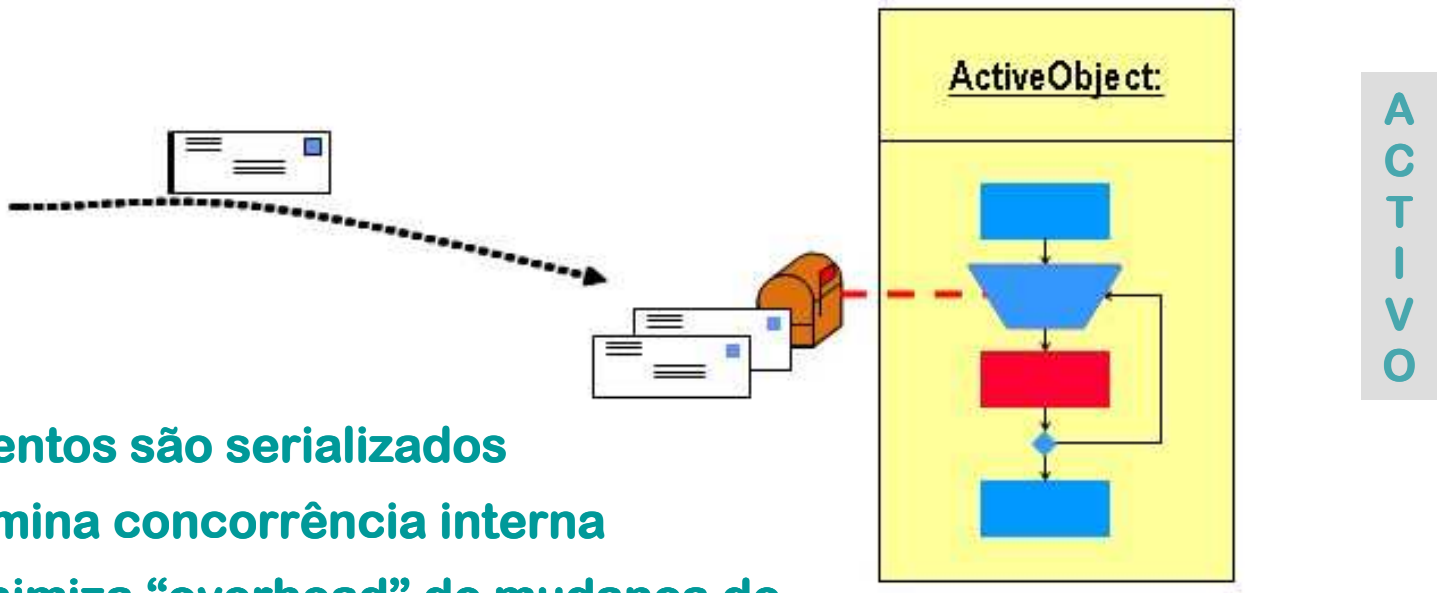
ACTIVO

▣ Semântica de **"run-to-completion"** => tratar 1 evento de cada vez

DME: Objectos Activos

► Objectos activos possuem "energia" para definir e executar os seus próprios fluxos de execução ("threads", cf. processos leves);

▣ Semântica de "run-to-completion" => tratar 1 evento de cada vez



► Eventos são serializados

► Elimina concorrência interna

► Minimiza "overhead" de mudança de contexto

DME: Onde Usar ?

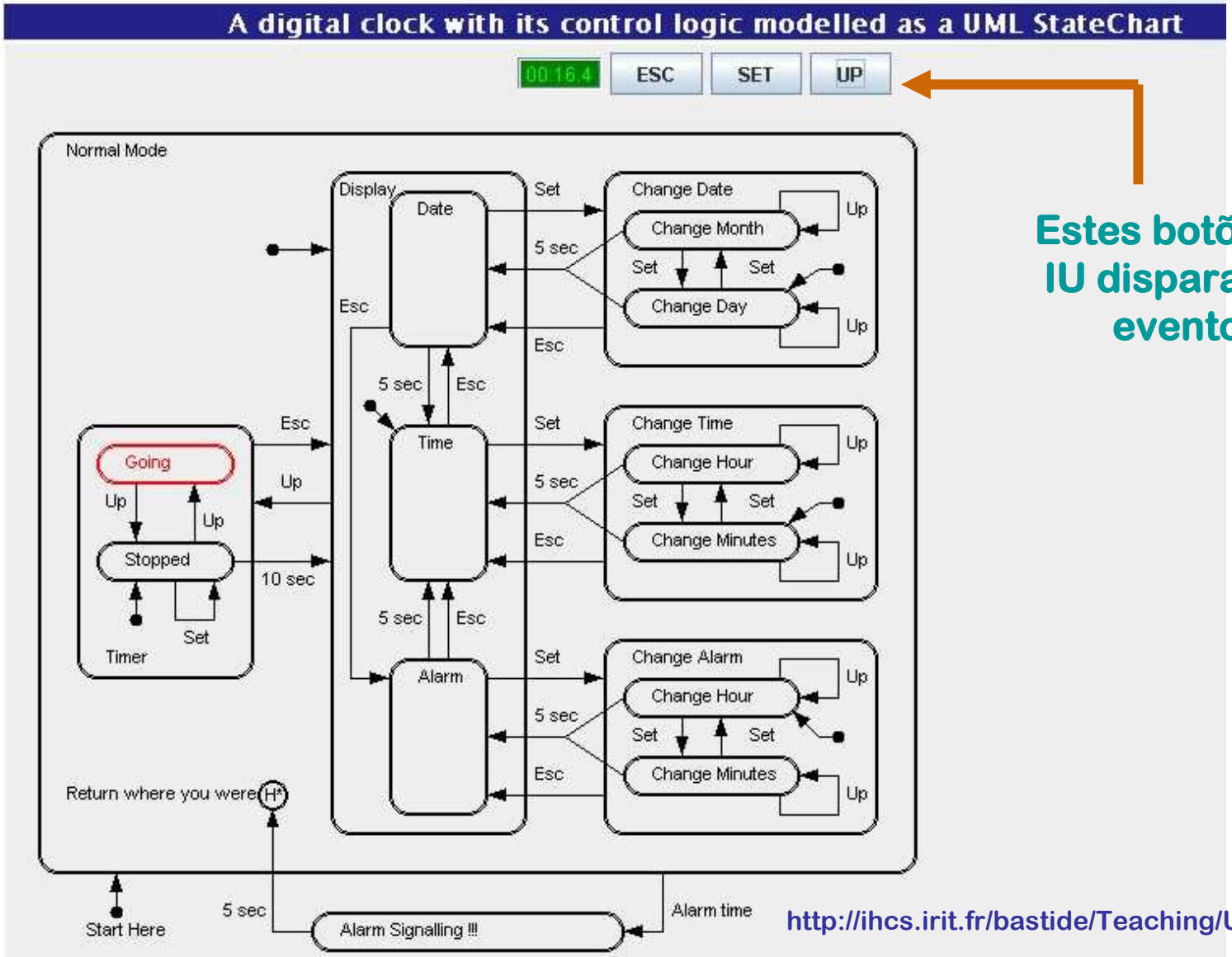
- Diagramas de Estado permitem-nos descrever o comportamento de uma entidade importante do sistema de forma completa, ou seja, trazendo para um único diagrama o comportamento que em geral está especificado de forma dispersa em vários UC ou DS.

- Os diagramas de actividade também permitem uma visão mais sistémica, pois permitem especificar fluxos importantes de actividades que envolvem vários objectos, use cases e até actores.

- Diagramas de Estado não são adequados para descrever ou analisar colaborações entre entidades/objectos.

- Diagramas de Estado não são usados para descrever todas as classes do sistema, mas aquelas que exibam comportamento interessante ou complexo. Alguns autores usam DMEs para especificar certas classes relacionadas com a Interface com Utilizador.

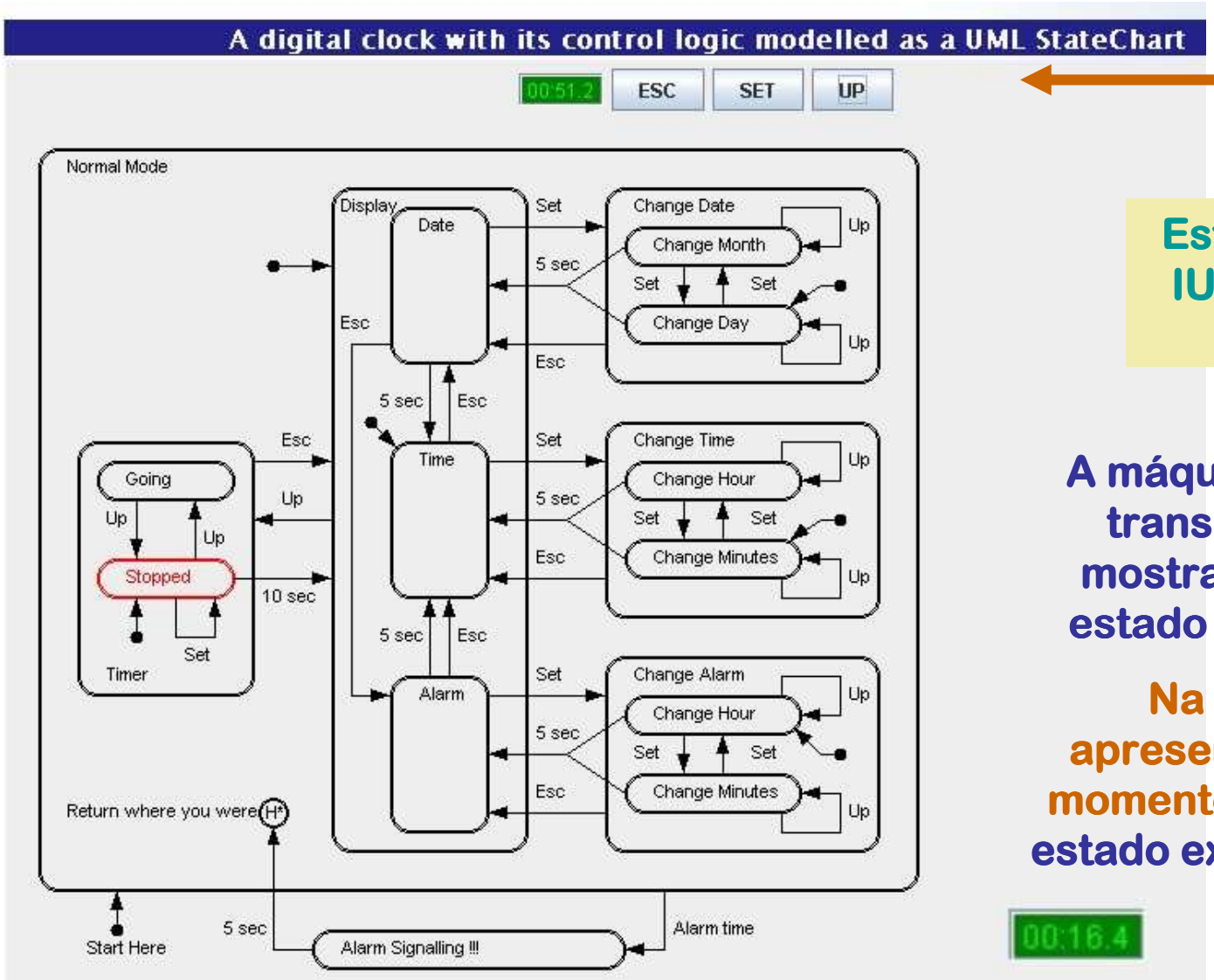
DME: Exemplo interessante



Estes botões da IU disparam os eventos

http://ihcs.irit.fr/bastide/Teaching/UML/StateCharts/

DME: Exemplo interessante



Estes botões da IU disparam os eventos

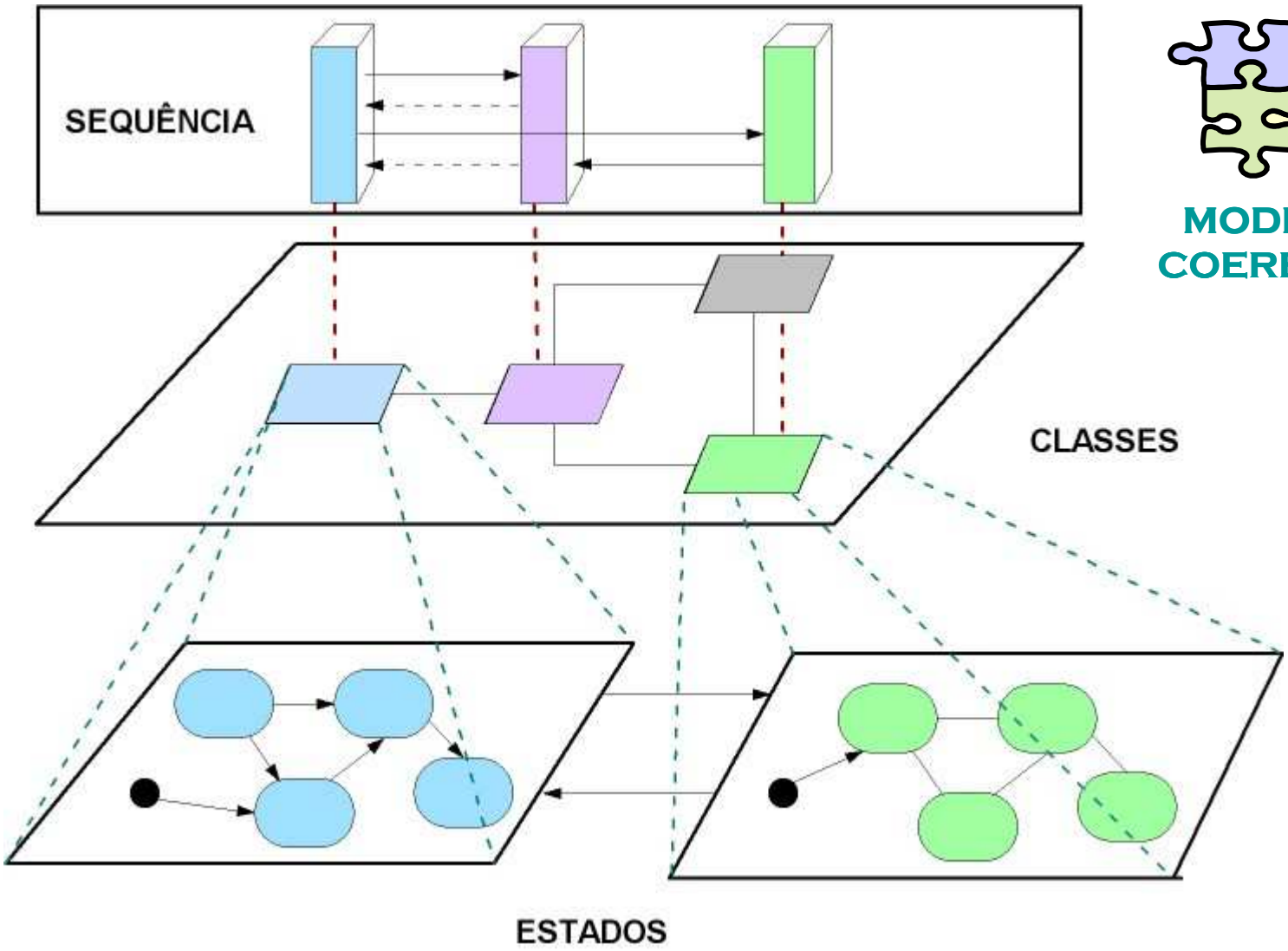
A máquina de estados transita de estado mostrando sempre o estado actual interno.

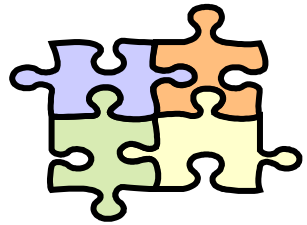
Na interface é apresentado em cada momento ou o tempo ou estado externo do relógio

00:16.4

06/12

DME: Visão tridimensional





MODELOS COERENTES