utad

Inteligência Artificial

Agentes Inteligentes

Paulo Moura Oliveira

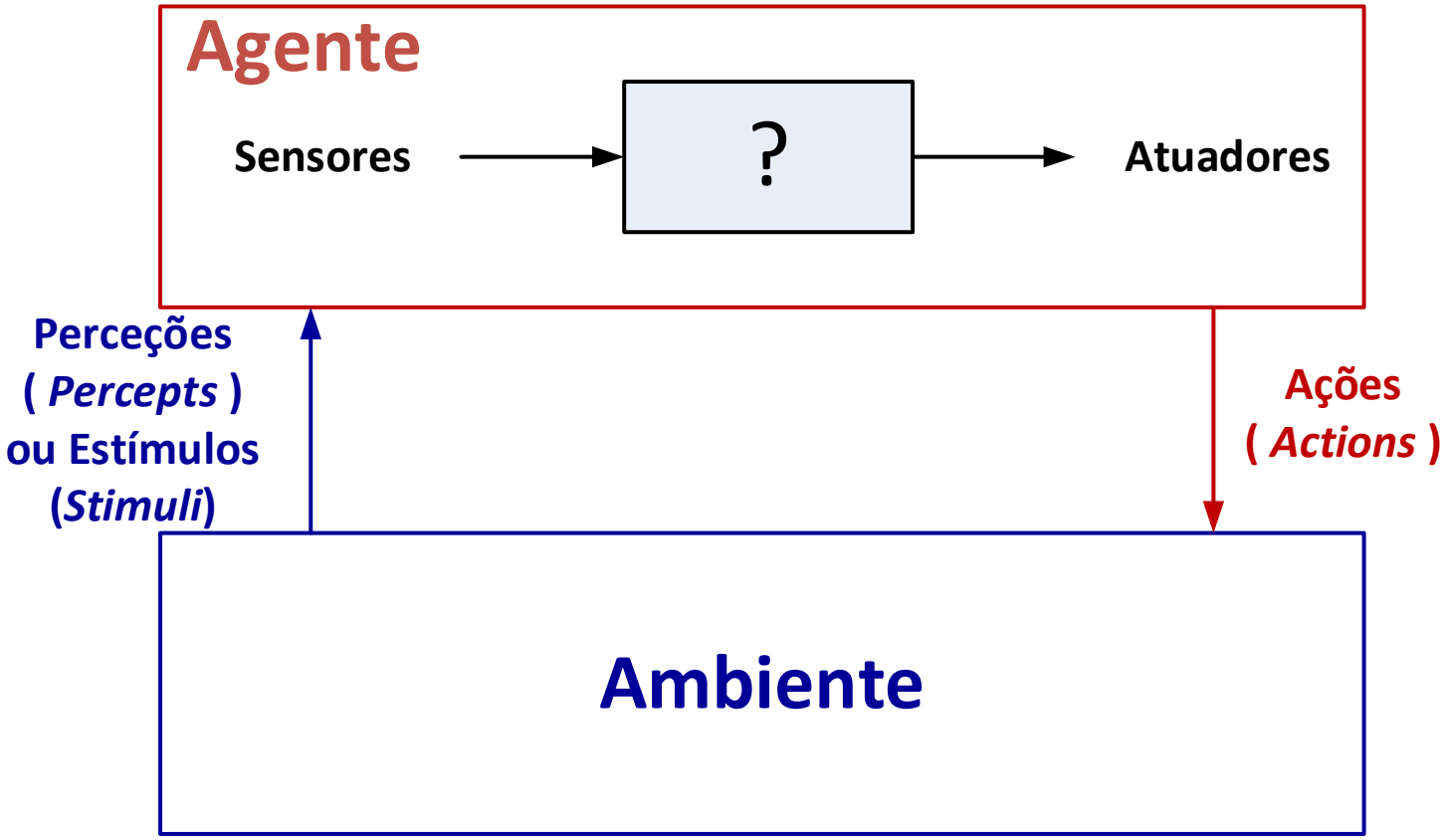
Departamento de Engenharias

Gabinete F2.15, ECT-1

UTAD

email: oliveira@utad.pt

O que é um agente?



Um **agente** (Russel e Norvig) é qualquer coisa que **perceciona** o seu **ambiente** através de **sensores** e **atua** no mesmo através de **atuadores**.

O que é um agente?

Um **agente** (Michael Wooldridge) é um **sistema computacional** situado num **ambiente**, **capaz de ação autónoma** nesse ambiente, de forma a **atingir os objetivos** nele delegados.

Perceção

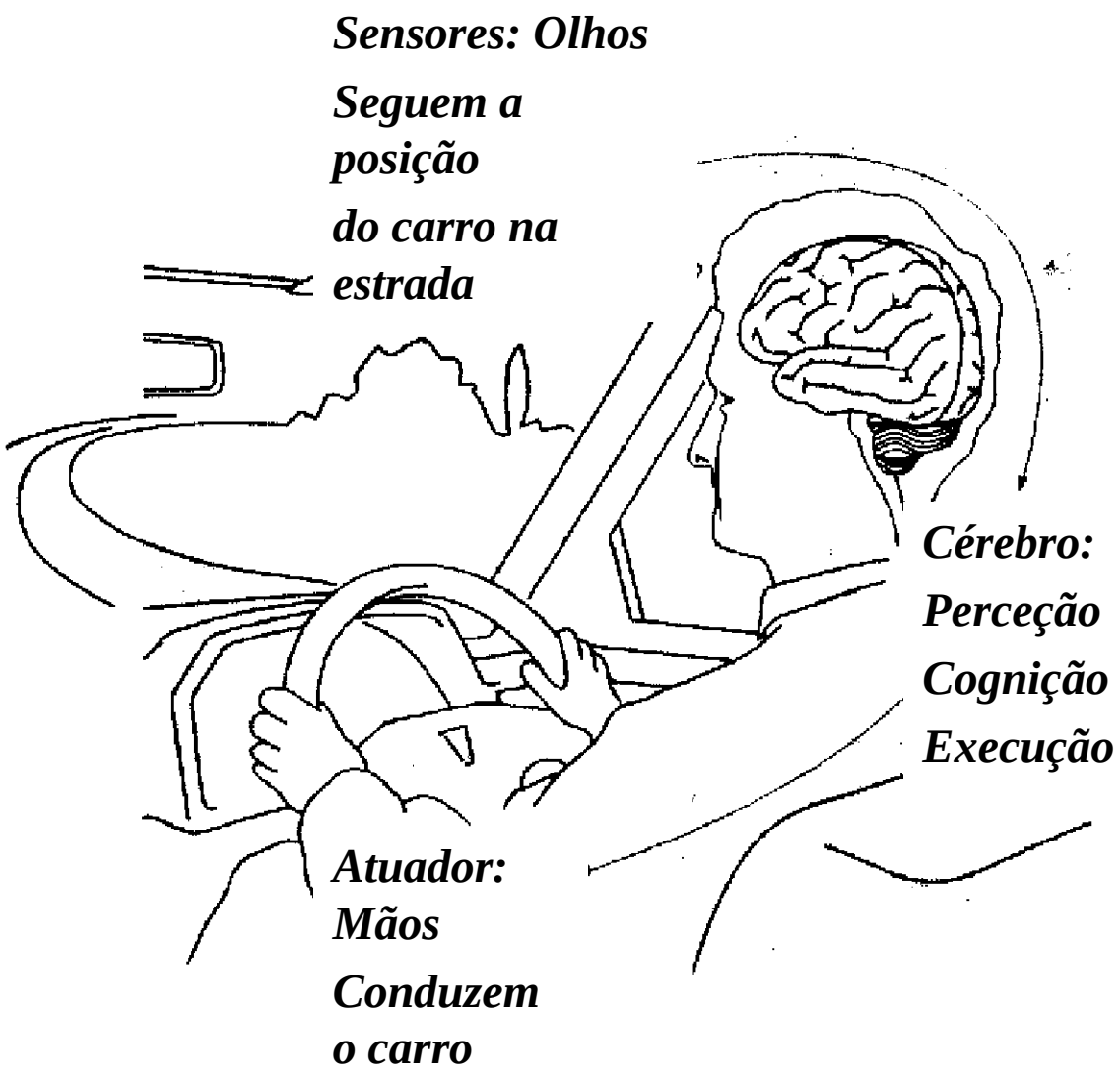
Decisão

Ação

O que é um agente?

Exemplos de Agentes:

- ✓ Humanos;
  - ✓ Animais;
    - ✓ Robôs
- ✓ Agentes de Software (SoftBots)



O que é um agente?

Função de um Agente:

- ✓ Matematicamente a **função de um agente** descreve o **comportamento (*behavior*)** do mesmo. Como?

Para cada **sequência percecionada** (P) $\rightarrow$ f $\rightarrow$ **uma determinada ação** (A)

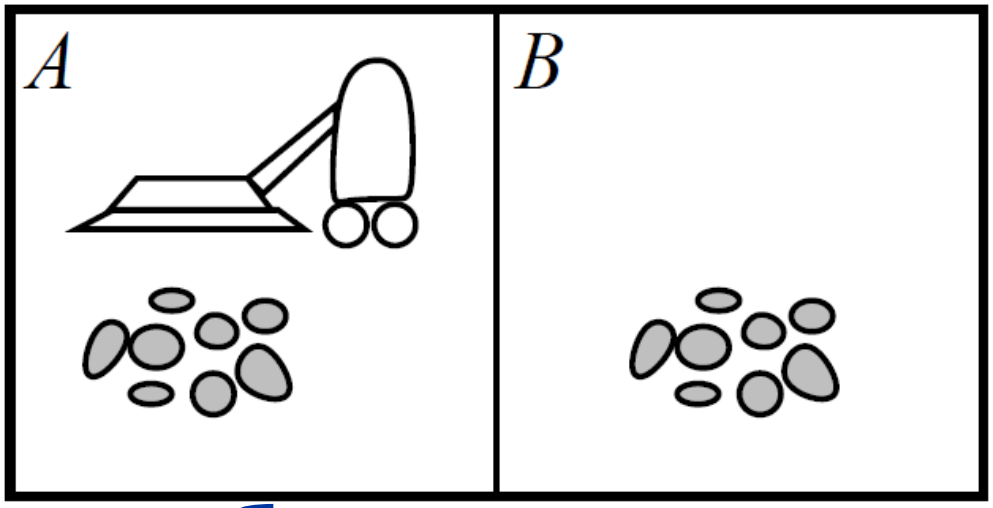
$$f : P^* \rightarrow A$$

Mapeamento

Programa de um Agente:

- ✓ O programa do agente é **executado** num sistema computacional para **implementar** f.

Exemplo do Aspirador (Russel e Norvig)



Perceções:

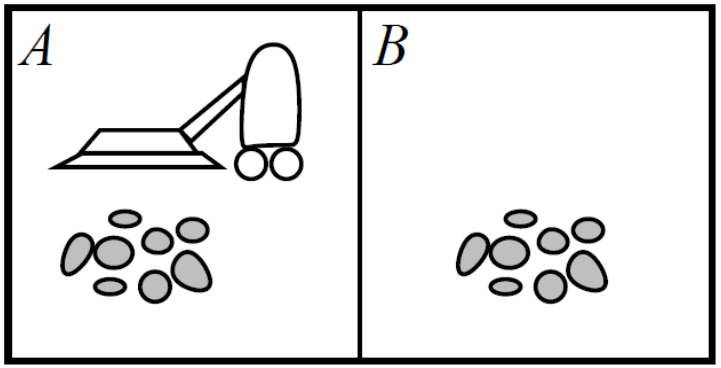
- ✓ Dois **locais**: quadrado **A** e quadrado **B**
- ✓ Dois **estados**: **Sujo** ou **Limpo**

Ações:

- ✓ Movimentação para a **Esquerda**
- ✓ Movimentação para a **Direita**
- ✓ **Aspirar** a sujidade
- ✓ Não operar **- nop**

Exemplo do Aspirador (Russel e Norvig)

- Tabulação simples e parcial da função de um agente que: **Limpa o quadrado se está sujo e move-se para o outro se não está sujo**.



Sequência de Perceções	Ação
[A , Limpo]	Direita
[A , Sujo]	Aspirar
[B , Limpo]	Esquerda
[B , Sujo]	Aspirar
[A , Limpo], [A , Limpo]	Direita
[A , Limpo], [A , Sujo]	Aspirar
…	…

- ✓ Como a tabela pode ser preenchida de várias formas, **qual é a melhor forma?**
- ✓ **Qual é a melhor função?**

Conceito de Racionalidade

Um **agente racional** é aquele que executa a **ação certa!**

- ✓ Uma **ação certa contribui para um maior sucesso do agente.**
- ✓ Como medir o sucesso de um agente?

Utilizando **Medidas de Desempenho**:

- ✓ Uma **sequência de ações executada** pelo agente provoca uma **mudança sucessiva de estados** do ambiente.
- ✓ Dependendo da sequência o agente pode ter **mais ou menos sucesso**.
- ❑ Exemplo do aspirador:
  - Quantidade de lixo por aspirada por hora.
  - Maior quantidade de lixo aspirada com menor consumo de energia, etc.

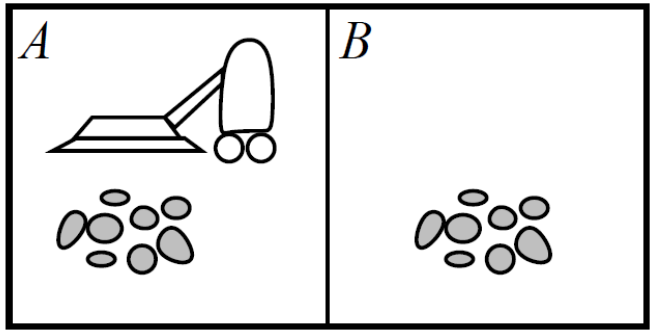
Conceito de Racionalidade

- ✓ A racionalidade de um **agente** num determinado instante depende:
  - da **medida de desempenho** para medir o **sucesso**;
  - do **conhecimento prévio** do agente sobre o **ambiente**,
  - das **ações** que pode tomar;
  - da **sequência de perceções obtida** até ao momento.

Definição (Russel e Norvig):

Um **agente racional** deve selecionar uma ação que **maximize o valor esperado da medida de desempenho** com **base na sequência de perceções obtida até ao momento** (e conhecimento que tem).

Conceito de Racionalidade



- Exemplo do aspirador:

O **agente é considerado racional** nas seguintes condições:

- **medida de desempenho** = 1 ponto por quadrado limpo em cada passo (*time step*) num total de 1000 passos.
- **geografia conhecida à priori**, mas a localização inicial do aspirador e do lixo não é conhecida.
- nos movimentos para a direita e esquerda que **levariam** o agente para fora do ambiente o agente permanece no mesmo sítio (*nop*).

Racionalidade *vs.* Omnisciência

- ✓ É importante saber distinguir **Racionalidade** de **Omnisciência**.
- ✓ Um agente omnisciente saberia sempre, *a priori*, o resultado de todas as suas ações e agiria de acordo com essa informação.

Um agente para ser **racional** não tem de ser **omnisciente**.

Um agente **racional maximiza o desempenho expectável.**

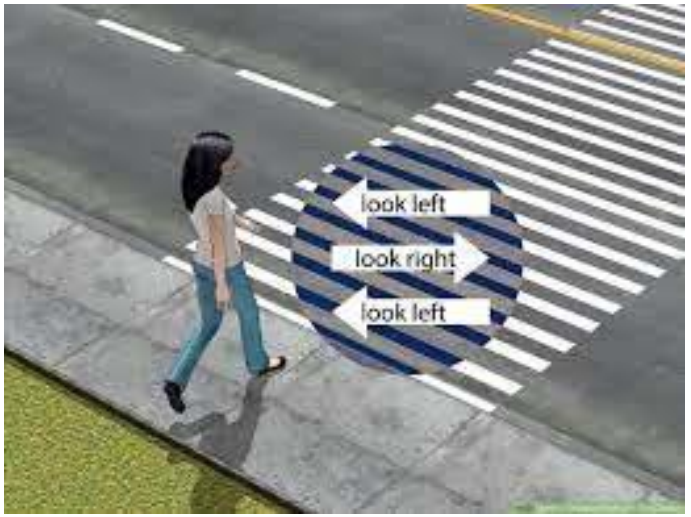
Um agente **omnisciente (**ou seja: **perfeito) maximiza o desempenho atual (real).**

Racionalidade *vs.* Omnisciência

Racionalidade ≠ Omnisciência.

- Exemplo :
  - um **agente racional** deve olhar para os dois lados da estrada antes de atravessar.

- No entanto vai apanhar com um piano em cima!



- um **agente omnisciente** não atravessaria pois sabia que ao executar essa ação apanhava com o piano em cima.

Racionalidade ⇒ Aprendizagem

- ✓ Os agentes podem executar ações de forma a mudar modificar perceções futuras para obter informação útil.

Recolha de Informação (***Information Gathering***)

- ✓ A recolha de informação implica muitas vezes efetuar uma **Exploração** do mundo (e.g. aspirador)

Um agente racional para além de recolher informação deve **aprender (*To Learn*) com base nas perceções efetuadas**.

Racionalidade ⇒ Autonomia

- ✓ As tarefas computacionais de um agente podem ser divididas em 3 períodos :
  1. **Projeto** – computação feita pelos programadores (*designers*) do agente
  2. **Decisão da próxima ação** – feita pelo agente
  3. **Modificação do comportamento (*behavior*)**- á medida que aprende com base na experiência efetua mais computações para modificar o seu comportamento.

Um agente que se baseia mais na experiência prévia do seu projetista em vez de nas suas perceções tem **falta de autonomia**.

Um **agente racional tem de ser autónomo – ter capacidade de aprendizagem e adaptação** para compensar conhecimento parcial ou incorreto.

Tipologia ("Natureza") dos Ambientes

- ✓ O projeto (ou design) de agentes racionais implica definir aspetos relacionados com os ambientes (***task environmemnt***):

Baseado no exemplo do aspirador Russel e Norvig definem a sigla:

PEAS – **P**erfomance, **E**nvironment, **A**ctuators, **S**ensors

- ✓ O primeiro passo no projeto de agente consiste em definir, da melhor forma possível:
  - que medida de desempenho usar (**P**);
  - em que tipo de ambiente vai operar (**E**);
  - atuadores a utilizar (**A**);
  - sensores a utilizar (**S**).

Tipologia ("Natureza") dos Ambientes

- Na tabela seguinte apresentam-se alguns exemplos de descrições de PEAS:

Tipo de Agente	Medida de Desempenho	Ambiente	Atuadores	Sensores
Condutor táxi autónomo	Segurança, rapidez, conforto, lucro,….	Estradas, Trânsito, peões, clientes,…	Direção, acelerador, travões, embraiagem, mudanças, buzina,…	Câmaras, sonares, GPS, sensores: de velocidade, aceleração, motor,…
Sistema de Diagnóstico Médico	Paciente saudável	Paciente, Hospital, Médicos, Enfermeiros,..	Display para afixar: questões, testes, diagnósticos tratamento	Teclado ou (ecrã tátil) para entrada de sintomas, respostas dos pacientes, resultados de análises, …

Tipologia ("Natureza") dos Ambientes

Tipo de Agente	Medida de Desempenho	Ambiente	Atuadores	Sensores
Robô *Pick and Place*	Percentagem de peças separadas corretamente,….	Tapete rolante, depósitos,…	Motores das juntas e do manipulador,…	Câmaras, sensores dos motores ,…
Controlador de uma Refinaria	Maximizar qualidade do produto, lucro, segurança,…	Refinaria, Operadores,..	Válvulas, Motores, Bombas, Displays, Aquecedores, Filtros,….	Sensores: temperatura, pressão, nível, fluxos, ….

Propriedades dos Ambientes

- ✓ É importante identificar propriedades (ou características) fundamentais dos ambientes em que o agente vai operar.

- ✓ Algumas dessas propriedades, igualmente importantes na resolução de problemas, são:
  - **Observável** vs. **Parcialmente Observável**;
  - **Determinístico** vs. **Estocástico**;
  - **Episódico** vs **Sequencial**;
  - **Estático** vs **Dinâmico**;
  - **Discreto** vs **Contínuo**;
  - **Uni-agente** vs **Multi-agente**

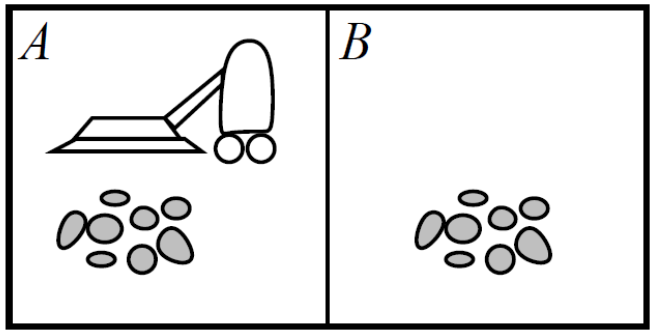
Propriedades dos Ambientes

Completamente Observável vs. Parcialmente Observável

- ✓ Se um agente **tem acesso ao estado completo do ambiente**, em cada instante, **o ambiente é completamente observável.**
- ✓ Caso contrário **não é completamente observável.**
- ✓ Os sinais recolhidos dos sensores podem ter ruído e falta de dados.

❑ Exemplo:

Quando o aspirador está em A não tem informação se há ou não lixo em B (amb. parcialmente observável).



Propriedades dos Ambientes

Determinístico vs. Estocástico

- ✓ **Se o próximo estado do ambiente é completamente determinado pelo estado atual e pela ação executada pelo agente** o ambiente diz-se **determinístico**.

- ❑ O exemplo (muito) simplificado do aspirador é determinístico.

- ✓ Caso o ambiente seja complexo, com incertezas e estados não completamente observáveis, diz-se **estocástico**.

- ❑ O exemplo do condutor de táxi é estocástico.

Propriedades dos Ambientes

Episódico vs. Sequencial

- ✓ Num **ambiente episódico**, **o agente perceciona e executa uma única ação**. O próximo episódio não depende das ações tomadas nos episódios anteriores.
  - ❑ Os exemplos em que se efetuam classificações de objetos é episódico.
- ✓ Num **ambiente sequencial** a ação atual tem influência em todas as decisões futuras.
  - ❑ Os exemplos do condutor de táxi e do jogo de Xadrez são sequenciais.

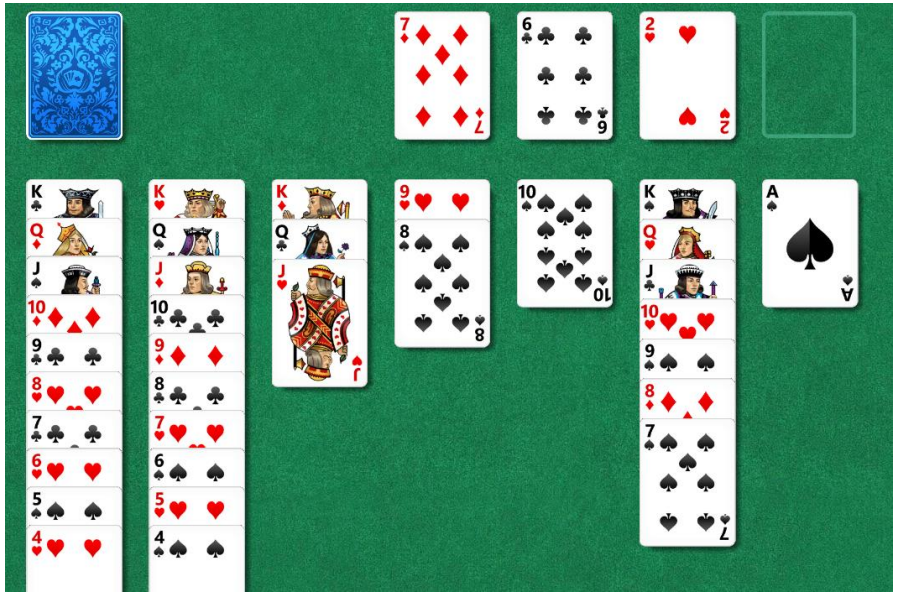
Propriedades dos Ambientes

Estático vs. Dinâmico

- ✓ O **ambiente é dinâmico quando pode mudar enquanto o agente está a decidir.** Caso contrário diz-se **estático**.

- ❑ O exemplo do condutor de táxi é dinâmico.

- ❑ O exemplo do jogo solitário é estático.



Propriedades dos Ambientes

Discreto vs. Contínuo

✓ A distinção entre discreto e contínuo aplica-se:

- ao **estado do ambiente**;
- à **forma de representação do tempo**;
- às **perceções e ações** de um agente.

❑ O exemplo do **jogo de xadrez** (não considerando o relógio) tem:

- um conjunto discreto (finito) de estados distintos;
- um conjunto discreto de perceções;
- um conjunto discreto de ações.

Discreto

Contínuo

❑ O exemplo do **condutor de táxi**:

- um conjunto contínuo (infinito) de estados;
- é um problema de tempo contínuo;
- velocidade, aceleração e posição contínuas;
- a maioria das ações são contínuas

Propriedades dos Ambientes

Uni-Agente vs. Multiagente

- Em muito caso a distinção entre **ambiente uni-agente** e **multiagente** é clara de estabelecer:
  - um agente a resolver um **jogo de palavras cruzadas** opera num ambiente uni-agente;
  - um agente a jogar **xadrez** opera num ambiente multiagente (2);

- Que tipo de propriedades possui a maioria dos problemas do mundo real?

Propriedades dos Ambientes

- Exemplo - propriedades de ambientes:

	Solitário (sem relógio)	Diagnóstico Médico	Robô (*Pick and Place*)	Táxi
Observável/ Parcialmente				
Determinístico/ Estocástico				
Episódico/ Sequencial				
Estático/ Dinâmico				
Discreto/ Continuo				
Uni-Agente / Multiagente				

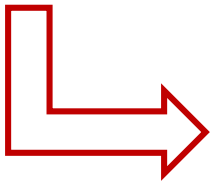
Propriedades dos Ambientes

- Exemplo - propriedades de ambientes:

	Solitário (sem relógio)	**Diagnóstico Médico**	**Robô (*Pick and Place*)**	**Táxi**
Observável/ Parcialmente	Parcialmente	Parcialmente	Parcialmente	Parcialmente
Determinístico/ Estocástico	Determinístico	Estocástico	Estocástico	Estocástico
Episódico/ Sequencial	Sequencial	Sequencial	Episódico	Sequencial
Estático/ Dinâmico	Estático	Dinâmico	Dinâmico	Dinâmico
Discreto/ Continuo	Discreto	Contínuo	Contínuo	Contínuo
Uni-Agente / Multiagente	Uni	Uni	Uni	Multiagente

A Estrutura dos Agentes

- ✓ A tarefa da IA é projetar um **programa do agente** que implementa a **função do agente** (mapeamento entre a sequência percecionada e as ações)
- ✓ Assume-se que o **programa do agente** vai ser executado num **dispositivo computacional com sensores e atuadores**, chamado aqui de **arquitetura**.



computador, robô, …

Agente = Arquitetura + Programa

A Estrutura dos Agentes

Programas dos Agentes

- ✓ Um programa agente segue a seguinte estrutura interna, chamada de **esqueleto**:

```
Function Esqueleto_Agente (percept) returns action
   static: memory
   memory ← Update_Memory(memory,percept)
   action ← Choose_Best_Action(memory)
   memory ← Update_Memory(memory,percept)
   return action
```

Tipos de Agentes

- ✓ Os principais tipos de agentes são:
  - **Reativos (*Reflex Agents*);**
  - **Reativos com Modelo Interno (*Model-Based Reflex Agents)*;**
  - **Guiados por Objetivos (*Goal Based Agents*);**
  - **Guiados por Utilidade (*Utility Based Agents*);**

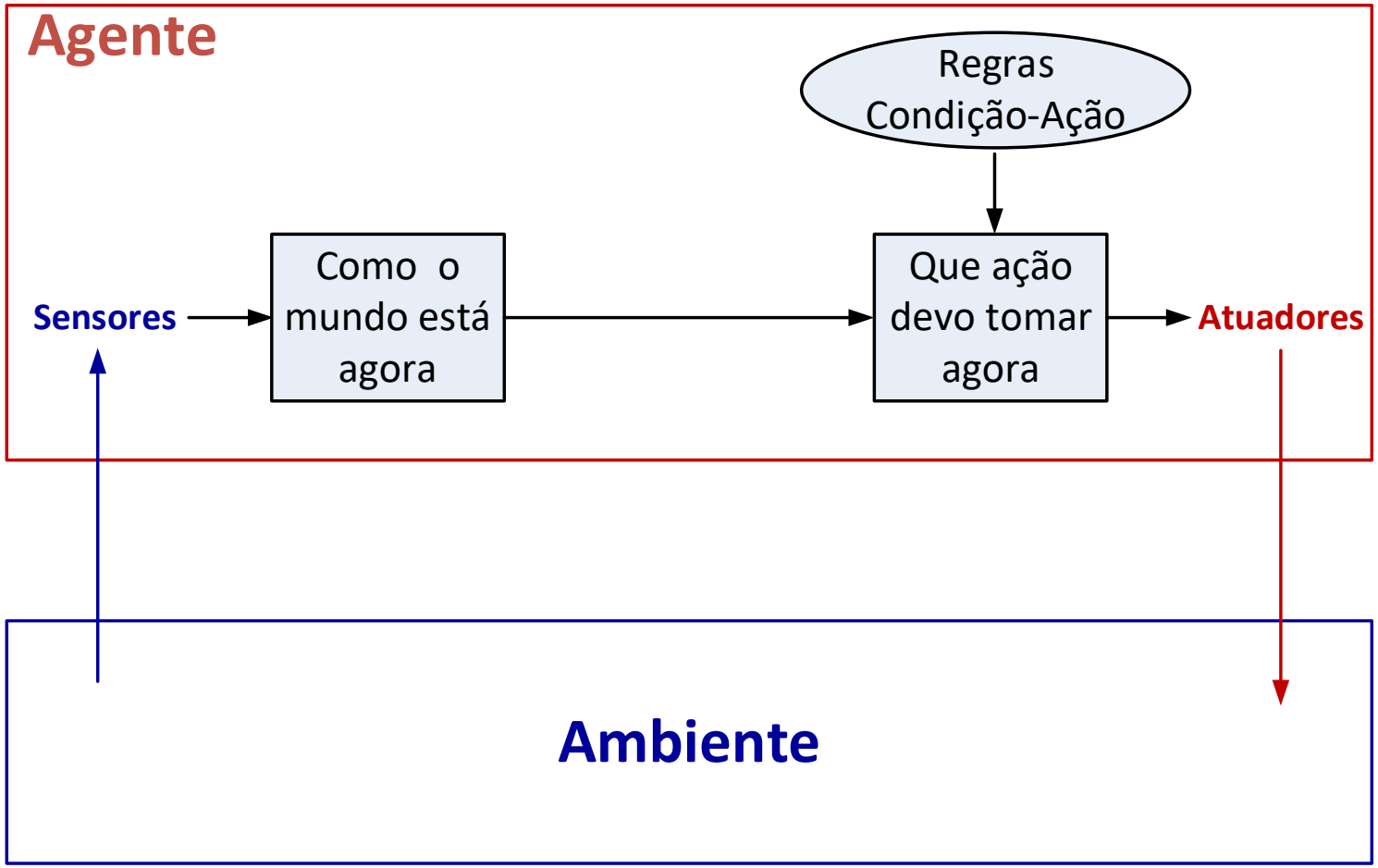
Também chamados Agentes Deliberativos

- ✓ Os agentes que **combinam comportamentos reativos com deliberativos** são chamados de **Híbridos**.

Agentes Reativos Simples

Estrutura de um agente reativo simples

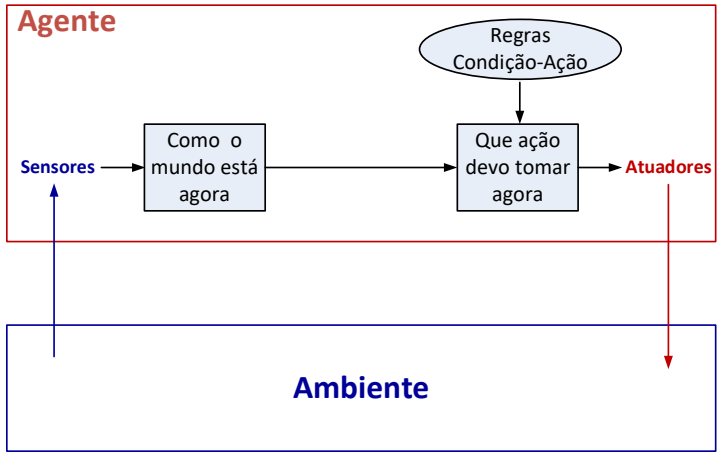
- ✓ Estes agentes **selecionam a próxima ação** com **base na perceção atual**, **ignorando a história das perceções**:



Agentes Reativos Simples

Estrutura de um agente reativo simples

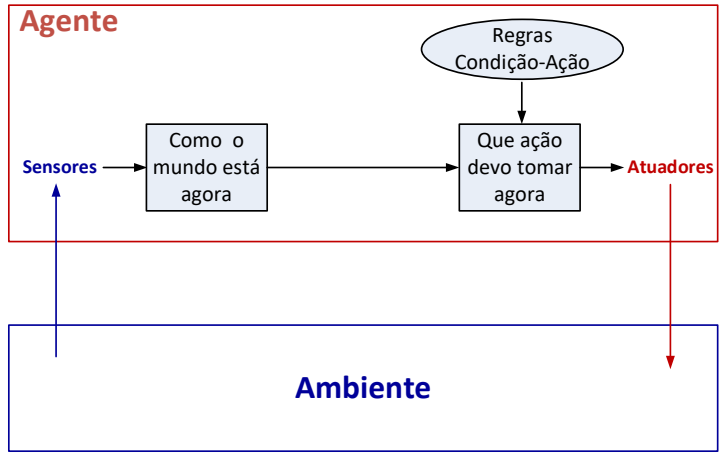
- ✓ Apresenta-se a seguir a estrutura de uma função para um agente reativo:




```
Function Agente_Reativo_Simples(percept) returns action
  persistent: conjunto de regras condição-ação
  state ← Interpret_Input(percept)
  rule ← Rule_Match(state,rules)
  action ← Rule_Action(rule)
  return action
```

Agentes Reativos Simples

Função de um agente reativo simples



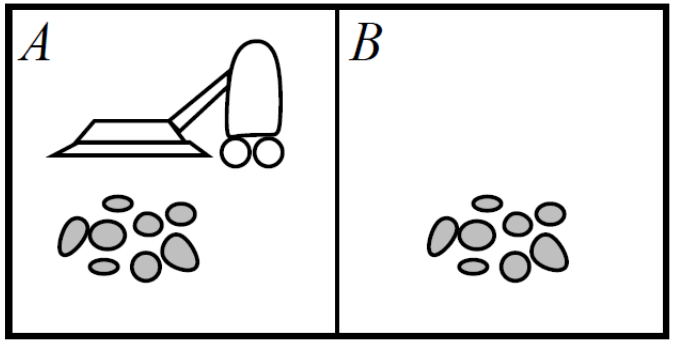
Função que gera uma descrição abstrata do estado atual (*state*) baseada no perceção atual (*percept*)

```
Function Agente_Reativo_Simples(percept) returns action
   persistent: conjunto de regras condição-ação
   state ← Interpret Input(percept)
   rule ← Rule_Match(state,rules)
   action ← Rule_Action(rule)
   return action
```

Função que retorna a primeira regra que corresponde ao estado atual (*state*)

Agentes Reativos Simples

Exemplo do Aspirador




```
Function Agente_Reativo_Aspirador(percept) returns action
   if status = Sujo then return Aspirar
   else if location= A then return Direita
   else if location= B then return Esquerda
```

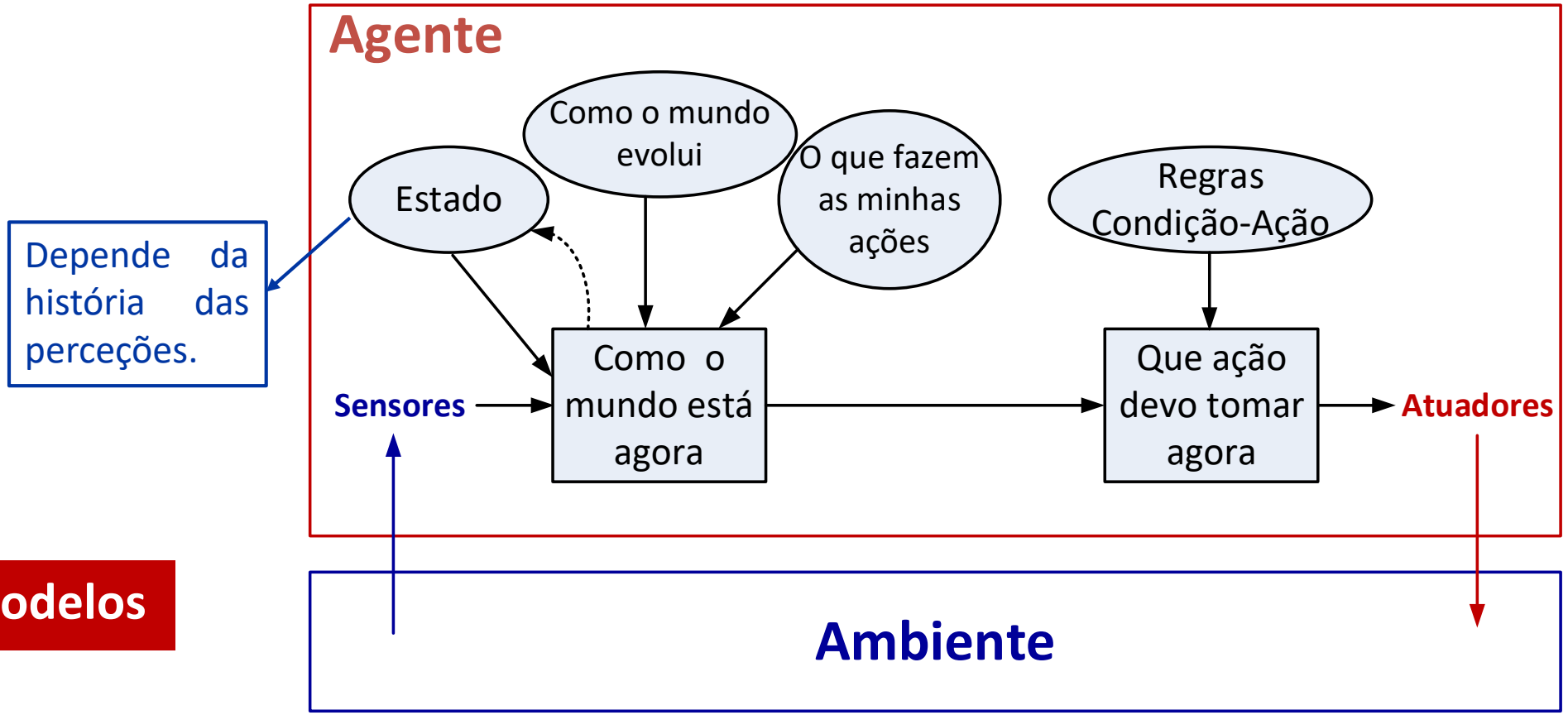
Limitado!
Decisão só com a perceção atual

Este tipo de agente reativo só funciona em ambientes completamente observáveis.

Agentes Reativos com Modelo Interno

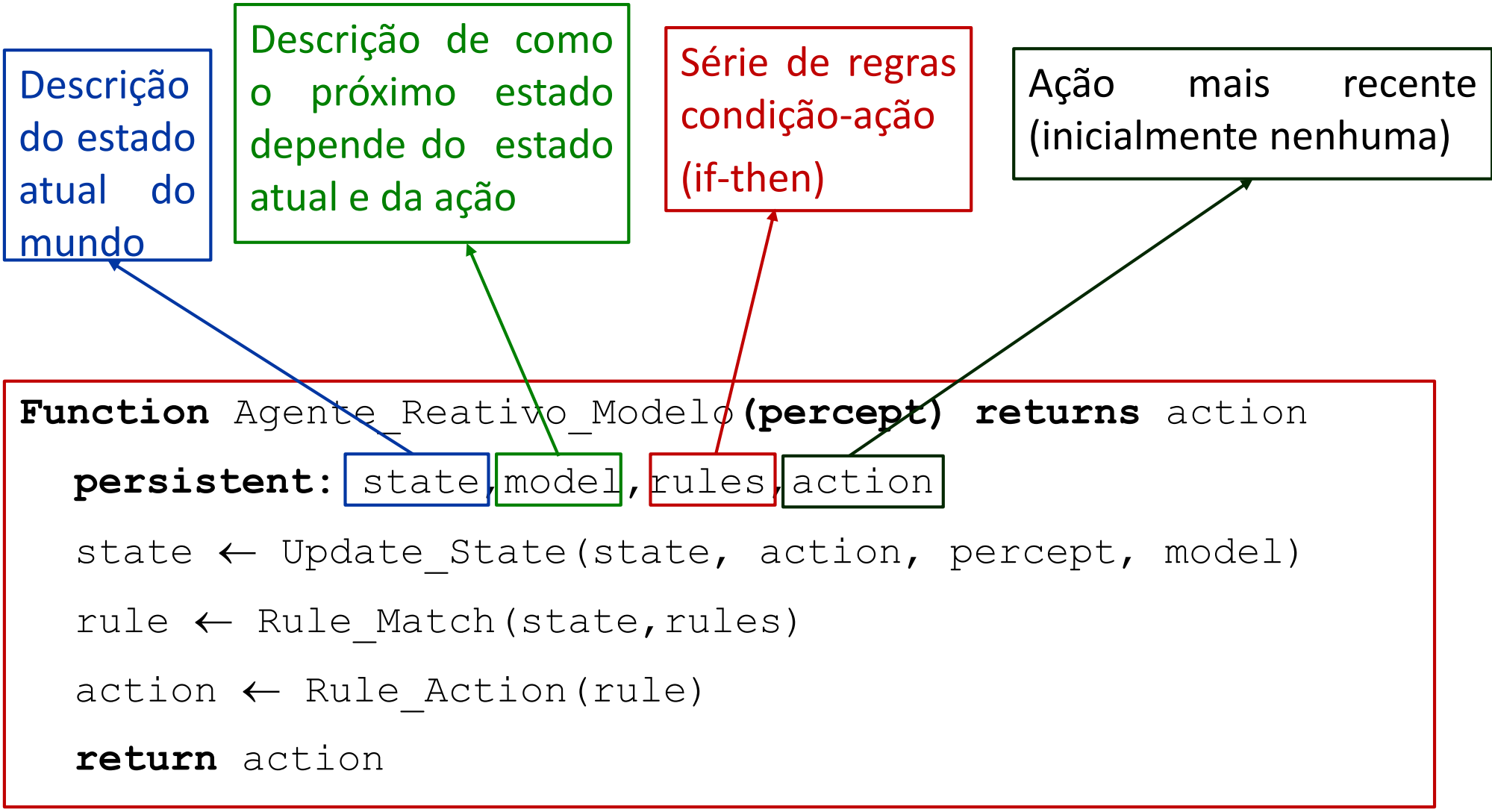
Estrutura de um agente reativo com modelo interno

- ✓ Para lidar com a parte do mundo não observável agora a forma mais eficaz é manter um **registo** do que não se pode ver → **manter um estado interno**.



Agentes Reativos Modelo Interno

Função de um agente reativo com modelo interno



Como Guiar Agentes?

- ✓ Uma questão importante relacionada com a autonomia do agente é:

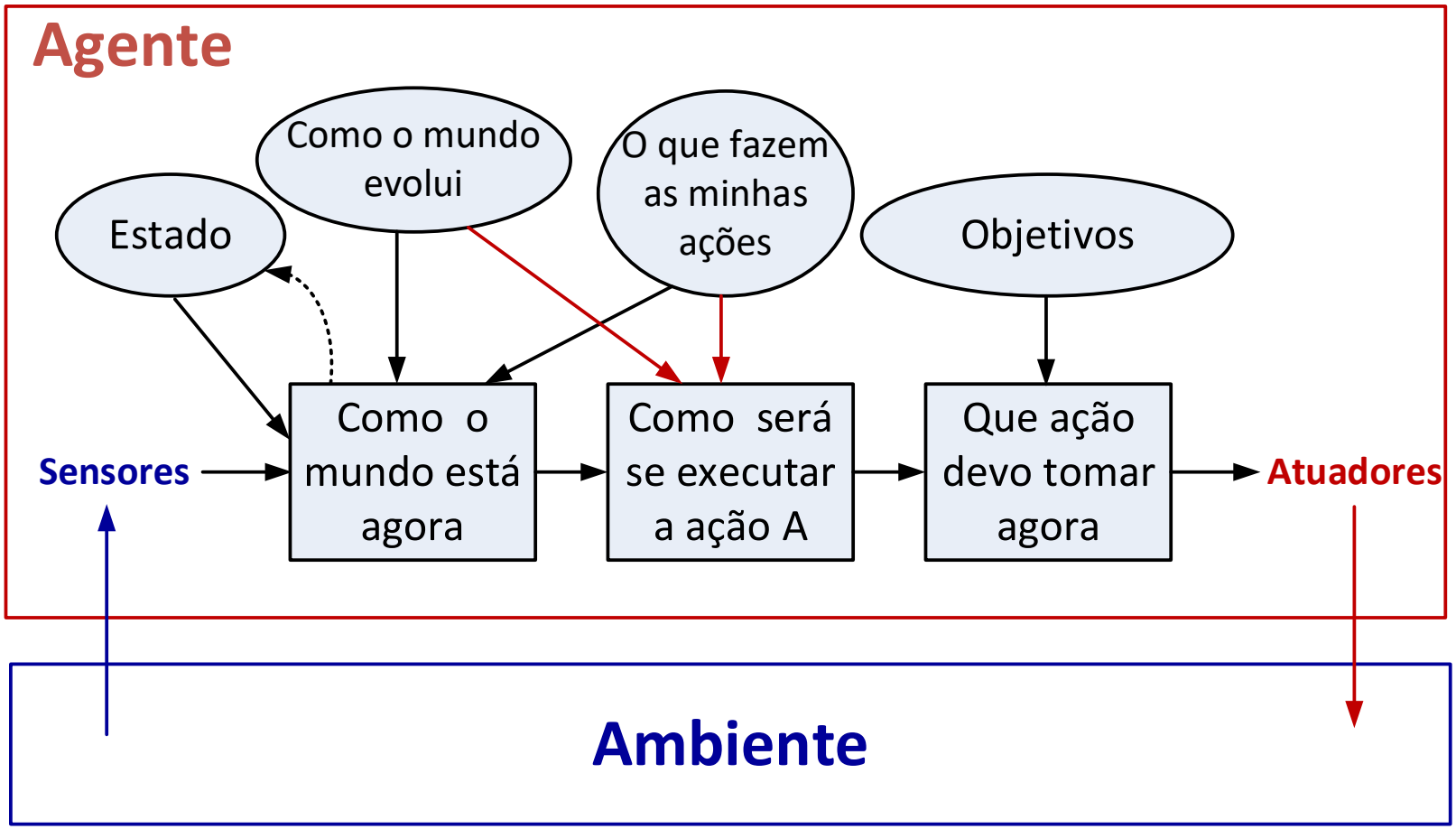
Como dizer ao agente
o deve fazer
sem lhe dizer
como o fazer?

- ✓ Podemos especificar:
  - ações a executar (trivial!)
  - (estado(s)) objetivo(s) a atingir – **agentes guiados por objetivos**
  - uma medida de desempenho para otimizar - **agentes guiados por utilidade**

Agentes Guiados por Objetivos

Estrutura de um agente guiado por objetivo

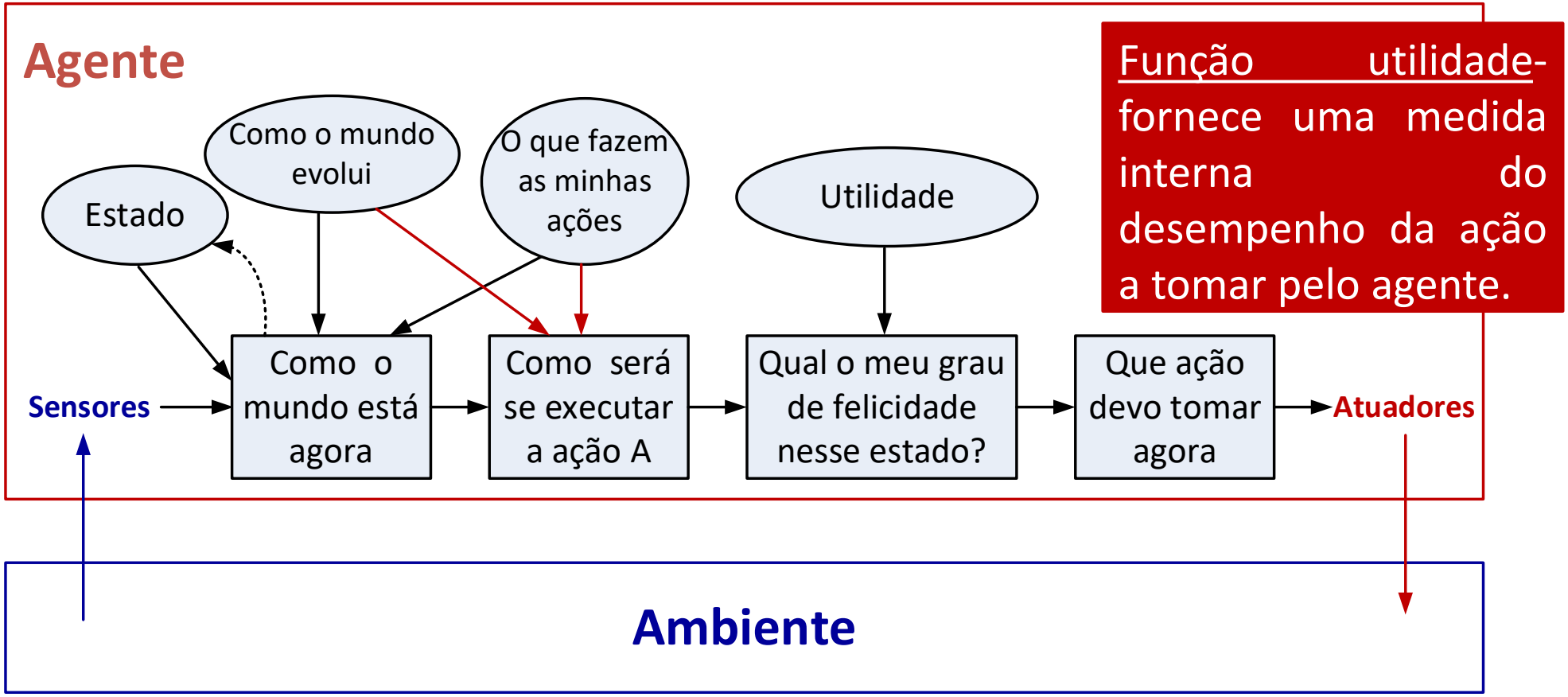
- ✓ Para além de **manter um estado interno** o agente necessita de alguma **informação sobre o objetivo(s) a atingir**.



Agentes Guiados por Utilidade

Estrutura de um agente guiado por utilidade

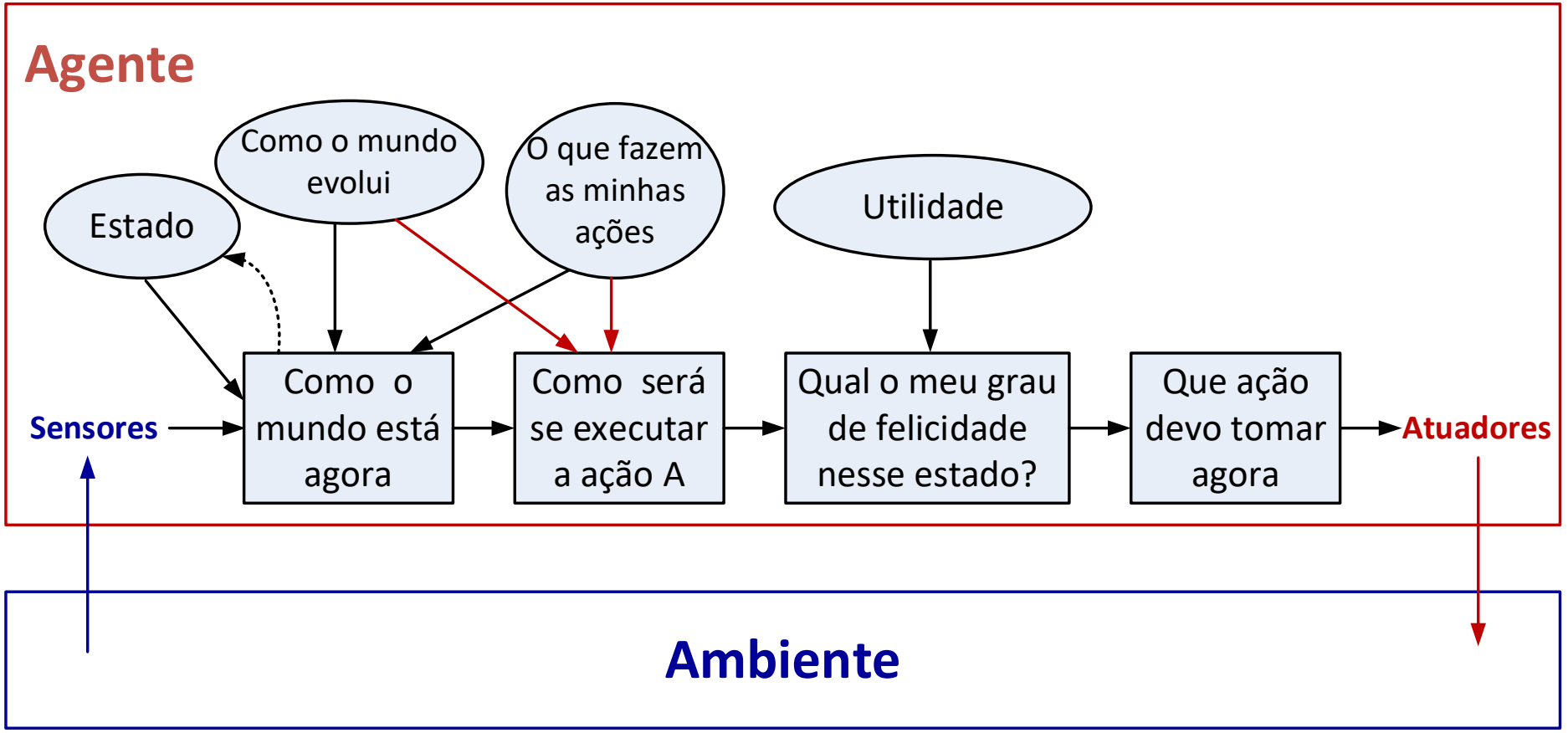
- ✓ Os objetivos sozinhos fornecem uma distinção entre estados "felizes" e "infelizes". Como pode haver **várias sequências** que permitam **atingir o objetivo**, umas serão melhores do que outras. **Como medir a sua utilidade**?



Agentes Guiados por Utilidade

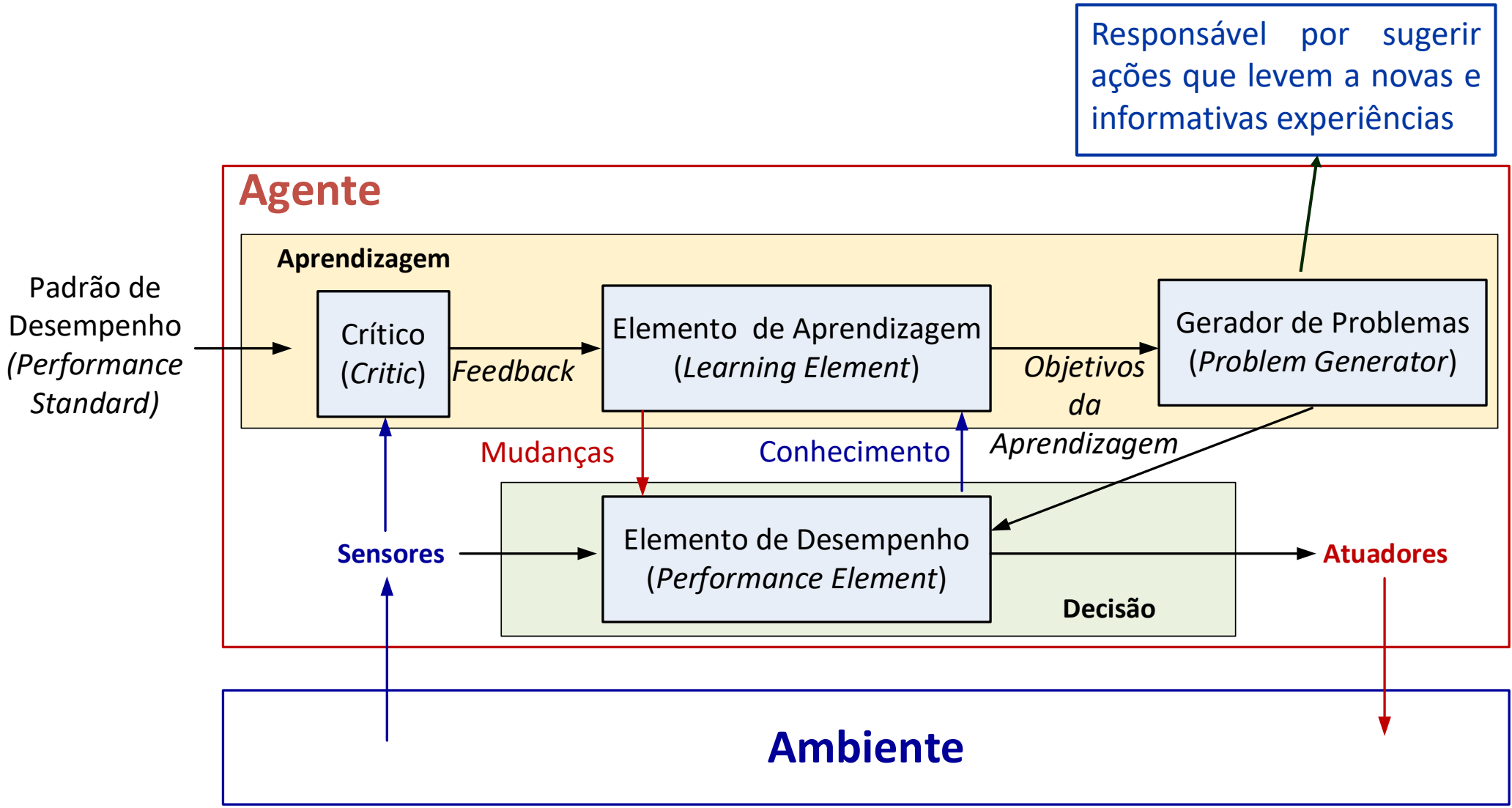
Estrutura de um agente guiado por utilidade

- ✓ Um **agente racional baseado na utilidade**, **escolhe a ação que maximiza a utilidade esperada pela execução dessa ação**.



Agentes Aprendizes (*Learning Agents*)

- ✓ Apresenta-se a estrutura genérica de um agente aprendiz.



Propriedades dos Agentes

- ✓ As noções sobre as propriedades dos agentes inteligentes estão em **constante evolução**. Apresentam-se de seguida alguns exemplos:

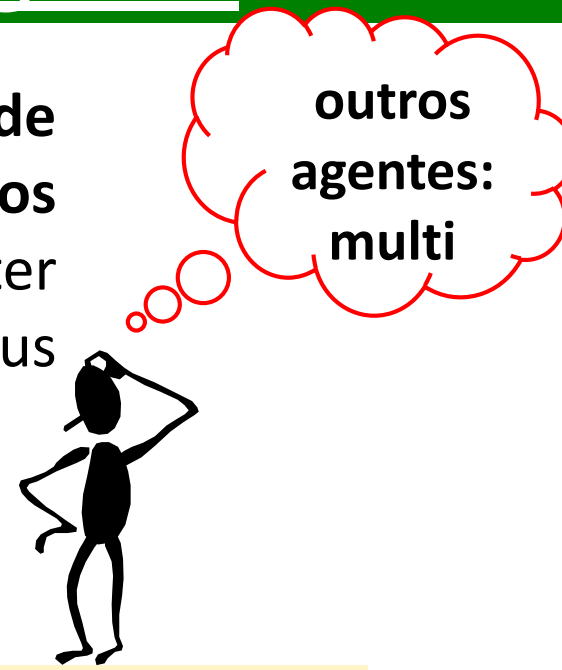
- ✓ **Autonomia**: o agente **tem o controlo das suas próprias ações**; é executado assincronamente; tem **capacidade de estabelecer os seus próprios objetivos**.

- ✓ **Reatividade**: o agente mantém uma **interação regular com o ambiente** e **reage a mudanças no mesmo; toma a decisão de como e quando agir.**

- ✓ **Proatividade**: o agente não é puramente reativo, mas **toma iniciativa** de forma a atingir objetivo(s). Tenta responder por antecipação.

Propriedades dos Agentes

- **Sociabilidade**: o agente tem a **possibilidade de interagir de uma forma complexa com outros agentes**, incluindo pessoas, para obter informação/ajuda de forma a atingir os seus objetivos.



Coordenação

Gestão de interdependências entre ações de múltiplos agentes.

Cooperação

Trabalhar de forma conjunta para atingir um objetivo.

Negociação

Capacidade de atingir acordos em questões de mútuo interesse.

Sistemas MultiAgente

Sistema Multiagente (*Multiagent System - MAS*):

- é um conjunto de **agentes autónomos (inteligentes),**
- cada agente atua em prol dos seus **objetivos, interagindo num ambiente partilhado**,
- os agentes pode **comunicar** e **coordenar** ações.

Conceitos Associados

- ✓ **Os agentes podem-se coordenar para cooperar ou *competir*:**

Cooperação

Mesma função de utilidade.

Competição

Diferentes funções de utilidade.

- ✓ **Para poderem interagir entre si, os agentes têm de comunicar.**

Organização **Coordenação** **Comunicação**

Interação **Cooperação**

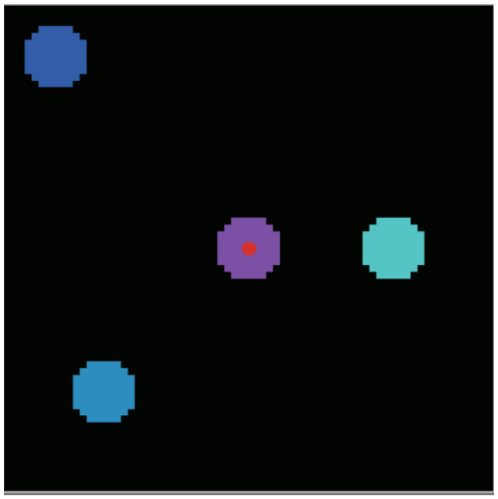
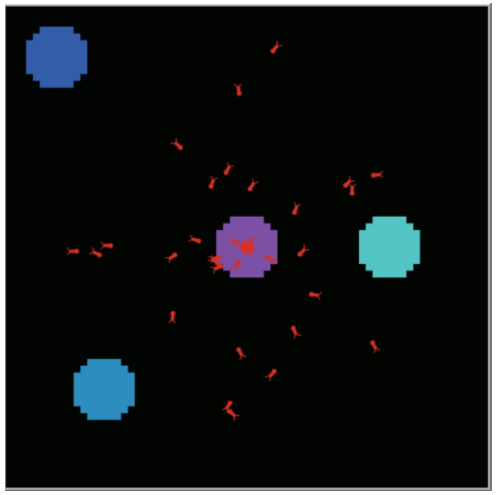
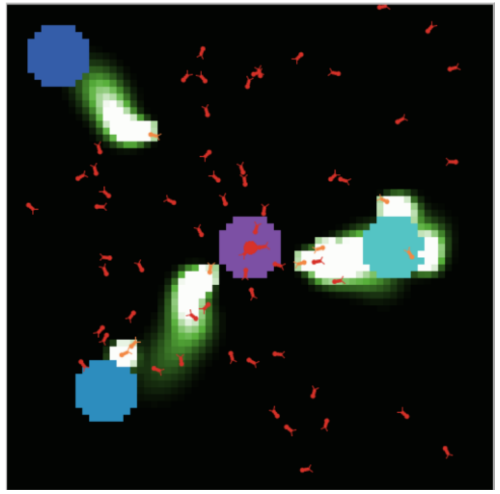
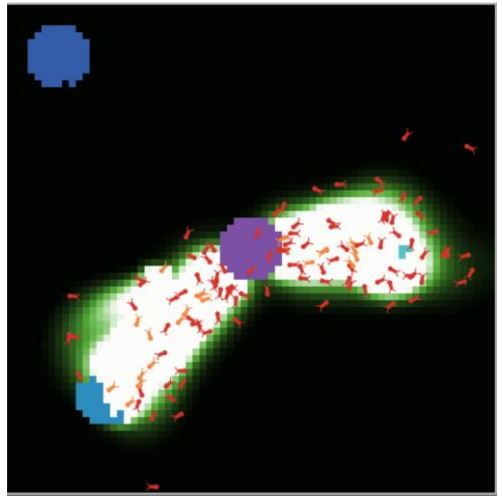
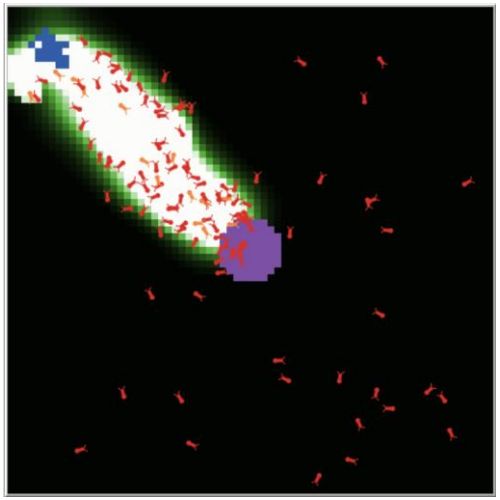
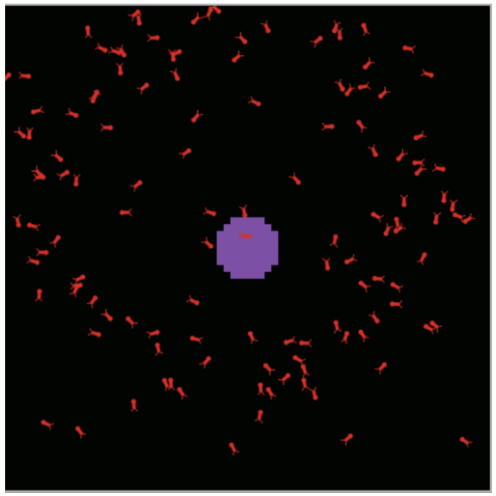
- ✓ A modelação e simulação de sistemas multiagente (**Agent-Based Modeling and Simulation, ABMS**) permite a sua simulação utilizando tempo virtual.

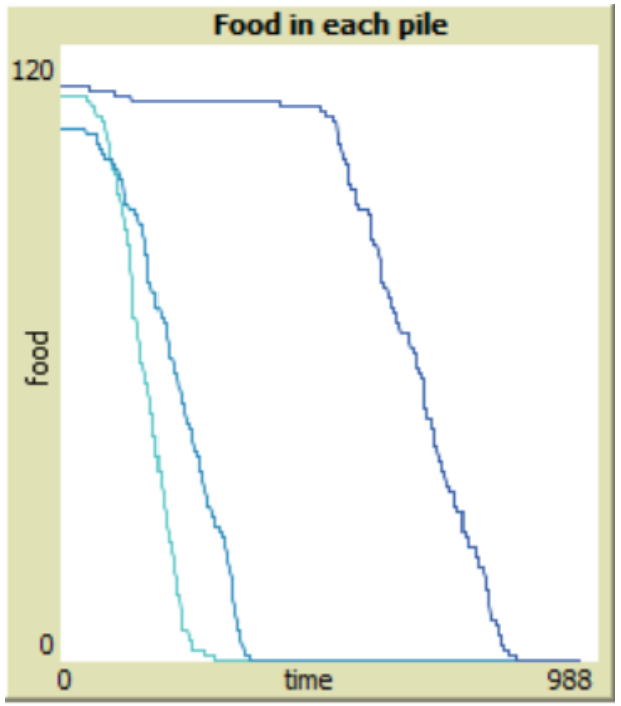
ABMS = agentes + ambiente + interação

- ✓ Existem várias ferramentas para ABMS. Uma das mais conhecidas chama-se **NetLogo**, criada originalmente por Uri Wilensky. Download e informação de desenvolvimento em:

http://ccl.northwestern.edu/netlogo/

NetLogo (Modelo das Formigas [3])



Bibliografia

[1] Russel S. e Norvig P., (2016), Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd Edition, Pearson

[2] WooldRidge M., (2009), An Introduction to MultiAgent Systems, 2nd Edition, Wiley

[3] Wilensky, U. (1997). NetLogo Ants model. http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Ants. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

[4] Lucci S. e Kopec D., (2016), Artificial Intelligence in the 21st Century, A Living Introduction, Mercury Learning And information.