

**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

# Agentes Inteligentes

**Paulo Novais, Filipe Gonçalves**  
**Mestrado Integrado em Engenharia Informática**  
**Mestrado em Engenharia Informática**  
Perfil SI :: Agentes Inteligentes

- 
- Inteligência Artificial
    - Inteligência Artificial Distribuída
    - Agente Inteligente
      - Noção, Definição e Propriedades
    - Fontes de Inspiração
    - Tipologia de um Agente
    - Arquiteturas
      - Reativas, Deliberativas e Híbridas;
      - *Beliefs, Desires and Intentions* (BDI)
    - Tipos de Agentes
    - Áreas de Aplicação
    - Conclusões
    - Referências



- 
- Inteligência
    - “faculdade de compreender, um talento, o raciocínio, a habilidade”;
  - Inteligência Artificial:
    - [...]
    - Ramo da informática que estuda o desenvolvimento de sistemas computacionais com base no conhecimento sobre a inteligência humana.
  - Inteligência Artificial:
    - “Ramo das Ciências da Computação que tem a ver com a automatização de comportamentos inteligentes, próprios dos seres humanos”.

## Inteligência Artificial Distribuída

- **Inteligência Artificial Distribuída (IAD):**

- “Ramo da Inteligência Artificial que estuda a resolução de problemas através de sistemas computacionais distribuídos”.

[Bond & Gasser, 1988]



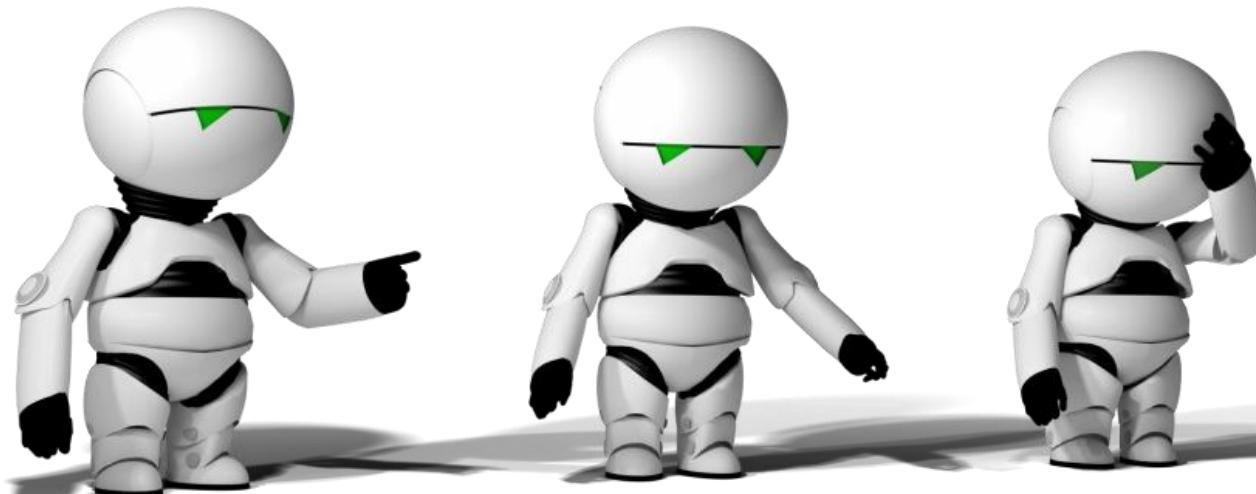
## **Inteligência Artificial Distribuída Agentes e Sistemas Multiagente**

- “Estudo, construção e aplicação de sistemas em que diversas entidades computacionais (agentes ou Sistemas Multiagente - SMA) interagem e perseguem um conjunto de objetivos e/ou realizando um conjunto de tarefas”.

[Weiss, 1999]



- “As plataformas de computação e os sistemas de informação atuais são heterogéneos, abertos e distribuídos”.
- Os agentes e os SMA surgem como uma nova Metodologia Computacional da Engenharia de *Software*;
- A ideia chave passa a ser “O agente inteligente que interage”.



- “Algo que age; capaz de produzir um efeito”.



- 
- Agente: Apercebe-se do ambiente através de sensores e age nesse ambiente através de atuadores
  - Humano:
    - Sensores: Olhos, ouvidos, nariz, tacto, gosto, outros
    - Atuadores: Pernas, braços, mãos, outros
  - Agente robótico:
    - Sensores: câmeras, sonares, sensores de infravermelhos, microfone...
    - Atuadores: motores, rodas, alto-falante, etc.

## Noção de Agente (*de software*)

- “Um agente é algo que obtém informação e conhecimento do ambiente através de sensores e atua nesse ambiente através de atuadores”;

[Russell & Norvig, 1995]

- “Agentes como componentes persistentes e ativos que percebem, raciocinam, atuam e comunicam”;

[Huhns & Singh, 1997]

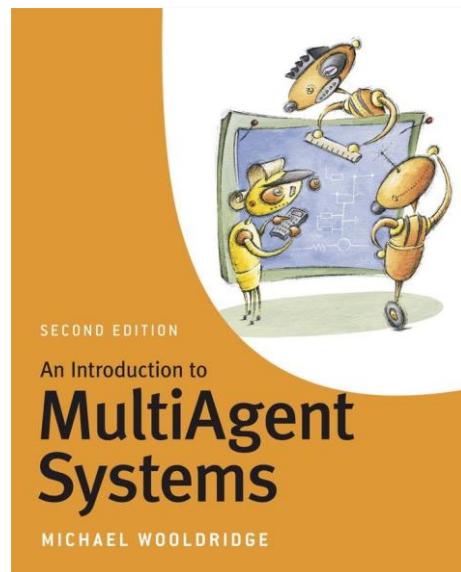
- “Agentes são entidades que habitam em ambientes complexos, sentem esse ambiente e atuam de modo autônomo, procurando executar um conjunto de tarefas para as quais receberam procuração”.

[Pattie Maes, 1990]

## Definição de Agente Inteligente

- “Um agente corporiza um sistema computacional capaz de revelar uma ação **autónoma** e **flexível**, desenvolvido num determinado universo de discurso. A flexibilidade do agente está relacionada com as suas capacidades de **reação, iniciativa, aprendizagem e socialização**.”

[Wooldridge, 1999]



“An agent is a computer system that is situated in some environment, and that is capable of autonomous action in order to meet its delegated objectives.”

[Wooldridge, 2009]

Normalmente, o **controle** sobre o ambiente é apenas **parcial**.  
Os agentes devem estar preparados para o insucesso/falha.  
Propósito: “delegar objetivos de alto nível sem ter que especificar como alcançá-los!”  
Questão: que propriedades podemos utilizar para descrever agentes?

## Fontes de inspiração

### Inteligência Artificial

Resolução de Problemas  
Raciocínio e Conhecimento  
Planeamento  
Aprendizagem

### Sistemas Distribuídos e Redes de Computadores

Arquiteturas  
Sistemas Multiagente  
Comunicação e Coordenação

### Sociologia

Sociedades Virtuais  
Interação

### Engenharia de *Software*

Agente como abstração  
Programação orientada por Agentes

### Teoria dos Jogos e Economia

Negociação  
Resolução de Conflitos  
Mecanismos de Mercado

## Noção Fraca de Agente Propriedades

- Noção **fraca** de agente:

- conjunto mínimo de propriedades/características que um agente inteligente deve exibir:

[Wooldridge & Jennings, 1995]

- Autonomia

- os agentes operam sem intervenção de outros agentes e controlam as suas ações e o seu estado de conhecimento interno;

- Reatividade

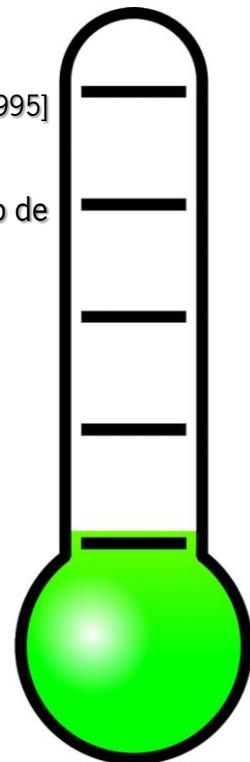
- os agentes percepionam os eventos que ocorrem no seu universo de discurso e respondem adequadamente e atempadamente a mudanças ocorridas nesse ambiente;

- Iniciativa:

- os agentes tomam iniciativa, conduzindo as suas próprias ações mediante um comportamento dirigido por objectivos;

- Sociabilidade:

- os agentes relacionam-se com outros agentes, comunicando, competindo ou cooperando na resolução de problemas que lhes sejam colocados.



## Noção Forte de Agente Propriedades

- Noção **forte** de agente:

- um agente é considerado forte, quando as entidades com que se depara são eminentemente cognitivas, passíveis de desenvolver a sua própria consciência, de se apresentar como tendo um conjunto de mais-valias como a percepção, a sentimentalidade e o emocionismo.

[Wooldridge & Jennings, 1995] [Ferber, 1999], [Nwana, 1996], [Russell & Norvig, 1995]

- Mobilidade:

- capacidade de se movimentar através da rede formada pelos seus pares, executando as tarefas de que foi incumbido;

- Intencionalidade:

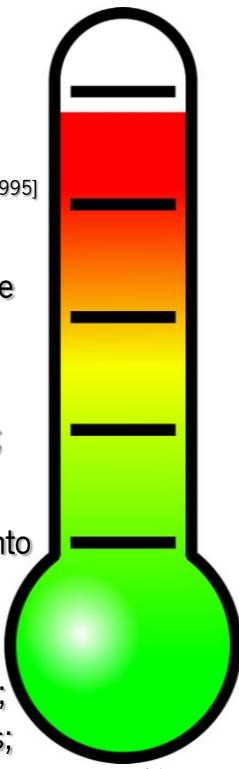
- capacidade que o agente apresenta para a definição de objetivos e das estratégias para os atingir;

- Aprendizagem:

- capacidade que o agente ostenta de adquirir conhecimento; a atualização da base de conhecimento é feita através da assimilação de padrões de comportamento ou de preferências;

- Competência:

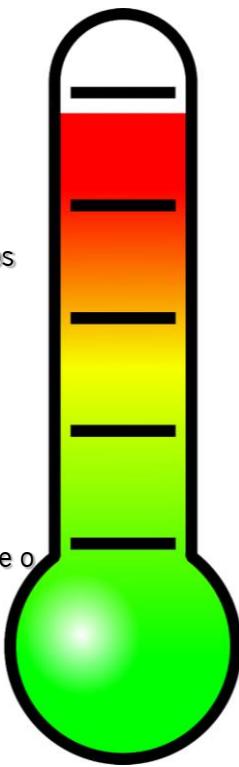
- um agente é competente quando conduz com sucesso e eficiência as tarefas de que é incumbido; a competência está normalmente relacionada com a confiança depositada no agente por terceiros;





## Noção Forte de Agente Propriedades

- Veracidade:
  - Um agente exibe veracidade quando não fornece, de forma intencional, informação falsa;
- Racionalidade:
  - um agente racional não aceita realizar tarefas que avalie impossíveis de executar, contraditórias com os seus princípios ou quando não são compensados em termos do risco, custo ou esforço;
- Benevolência:
  - um agente benevolente adota como seus os objetivos de terceiros, desde que estes não entrem em conflito com os seus princípios de natureza ética e/ou deontológica, o que significa que não realizarão todas as tarefas que lhes sejam atribuídas;
- Emotividade:
  - certas características próprias do ser humano têm vindo a migrar e a estabelecer-se como parte constituinte dos agentes.
- Credibilidade:
  - capacidade do agente de criar uma suspensão de “descrença”, levando o utilizador a aceitar temporariamente que o agente está “vivo” ou que é um “personagem real”.
- Personalidade
  - capacidade do agente de se comportar de forma individual, o que torna o agente distingível de seus pares.



## **Em busca do “Santo Graal”**

- 
- A IA visa construir sistemas que possam (em última instância) comunicar em linguagem natural, reconhecer e compreender contextos, aprender, raciocinar, usar o “bom senso”, pensar criativamente, planear, agir, ...
    - Quando construímos um agente, queremos (simplesmente) um sistema que possa escolher a ação adequada a ser executada, normalmente num certo domínio.
    - Não temos que resolver todos os problemas de IA para construir um agente útil!

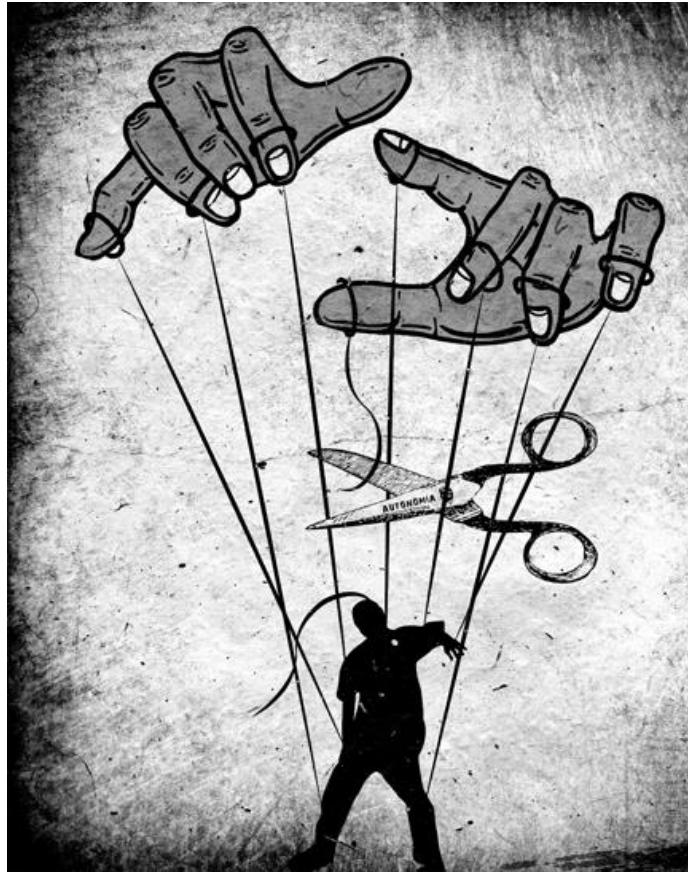
## Problema da autonomia

- 
- Podemos detetar diferentes graus de autonomia, dado que é um conceito relacional (social)  
[Castelfranchi, 1995].
  - Um agente só é autónomo em relação à influência dos outros agentes;
    - Qual a relação entre a autonomia de um agente e a sua capacidade de colaboração e aprendizagem?
  - Tendo em conta que os agentes são situados, adaptando-se ao ambiente onde se inserem e a outros agentes, então a autonomia de um agente tem, necessariamente, de ser limitada!
  - Como é que o comportamento humano responde e se adapta ao ambiente, e ao mesmo tempo, é independente dos estímulos externos?  
[Descartes].



- Autonomia em relação ao contexto físico (ambiente):
  - Este tipo de autonomia entra em conflito com a necessidade de adaptação de um agente, ou seja, quanto mais autónomo o agente é do ambiente, menos necessidade tem de se adaptar a ele e de interagir com ele.
- Autonomia em relação ao contexto social (aos outros):
  - Este tipo de autonomia tem que ver com os objetivos dos agentes.
  - Pode-se dizer que o grau de autonomia é dado pelo número e valor dos objetivos que o agente tem que não consegue atingir sem a ajuda de outros;
  - Este tipo de autonomia pode ainda ser decomposto em dois tipos:
    - autonomia relativa aos meios de execução;
    - autonomia relativa aos objetivos.

## Problema da autonomia



## Problema da autonomia

- **Postulados** de um agente autónomo e social

[Castelfranchi, 1995].

- O agente:

- tem os seus próprios objetivos;
- é capaz de tomar decisões relativas a vários objetivos que podem estar em conflito;
- adota objetivos de outros agentes e do exterior (é influenciável):
  - adota como consequência de uma escolha;
  - adota se vê que a sua adoção o leva a atingir os seus próprios objetivos.



## Agentes *versus* Objetos

- Agentes são **autónomos**, podendo recusar pedidos;
- Agentes controlam o seu **estado** e o seu **comportamento**;
- A comunicação nos agentes, o conceito de **mensagem** e de **linguagem** é definido ao nível da comunidade de agentes em que a ação se desenvolve.



- Objetos não são autónomos, não podendo recusar pedidos;
- Objetos controlam o seu estado mas não o seu comportamento;
- A comunicação nos objetos faz-se pela definição de métodos e da sua invocação;

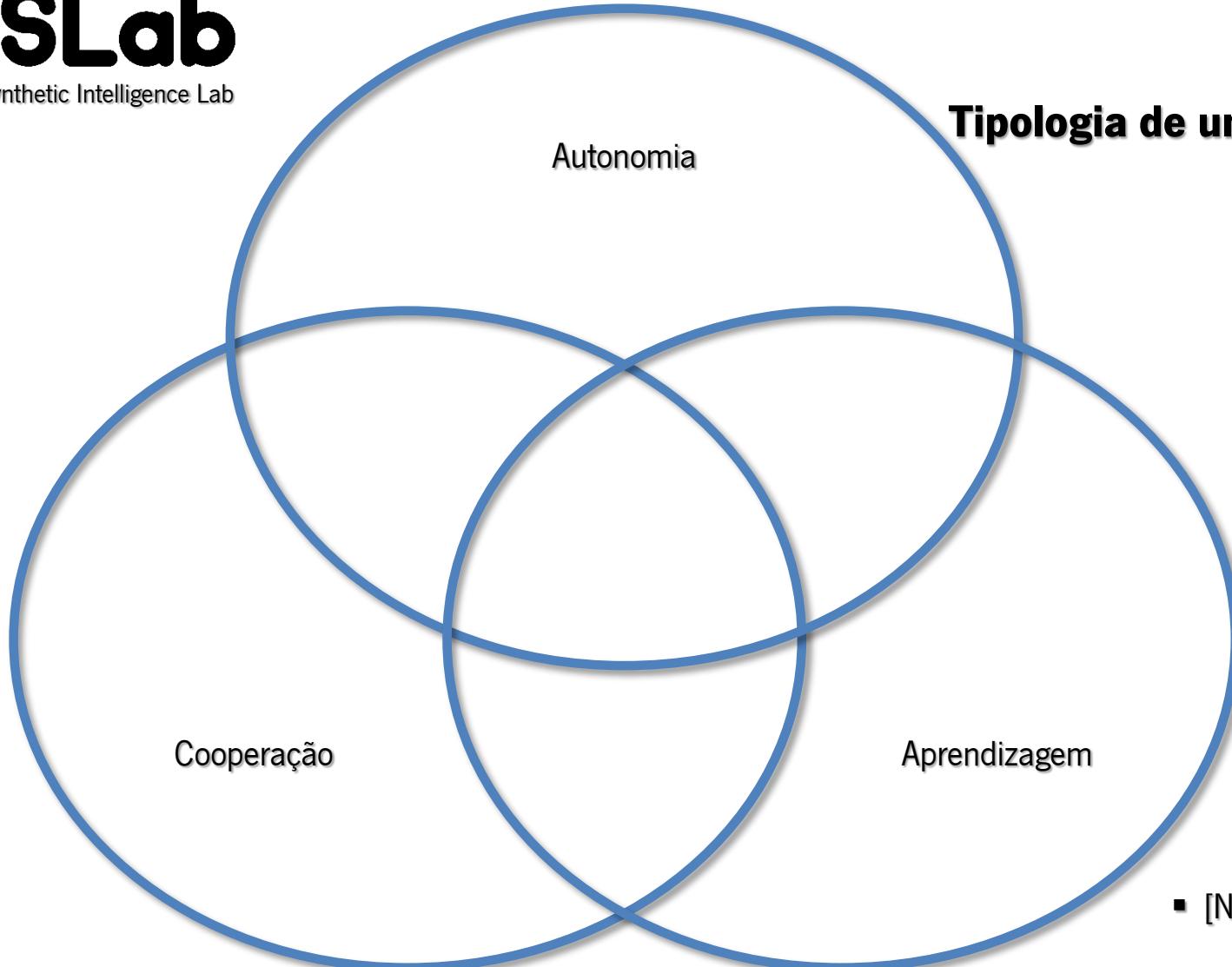


## Agentes *versus* Sistemas Periciais

- Um Sistema Pericial tem como principal objetivo o apoio à resolução de problemas e à tomada de decisão num determinado domínio de conhecimento, funcionando como um consultor.
  - lidam com uma representação do universo de discurso, não o manipulando diretamente nem percecionando, no imediato, o resultado das suas ações;
  - destinam-se, essencialmente, a assistir peritos numa determinada área do conhecimento, enquanto que os agentes se envolvem na resolução de problemas;
  - aplicam-se, geralmente, a tarefas de alto nível, enquanto que os agentes de dedicam a tarefas comuns;
  - não têm capacidade de tomar iniciativa nem têm autonomia, respondendo de modo passivo e realizando sempre a mesma ação para os mesmos dados sensoriais.

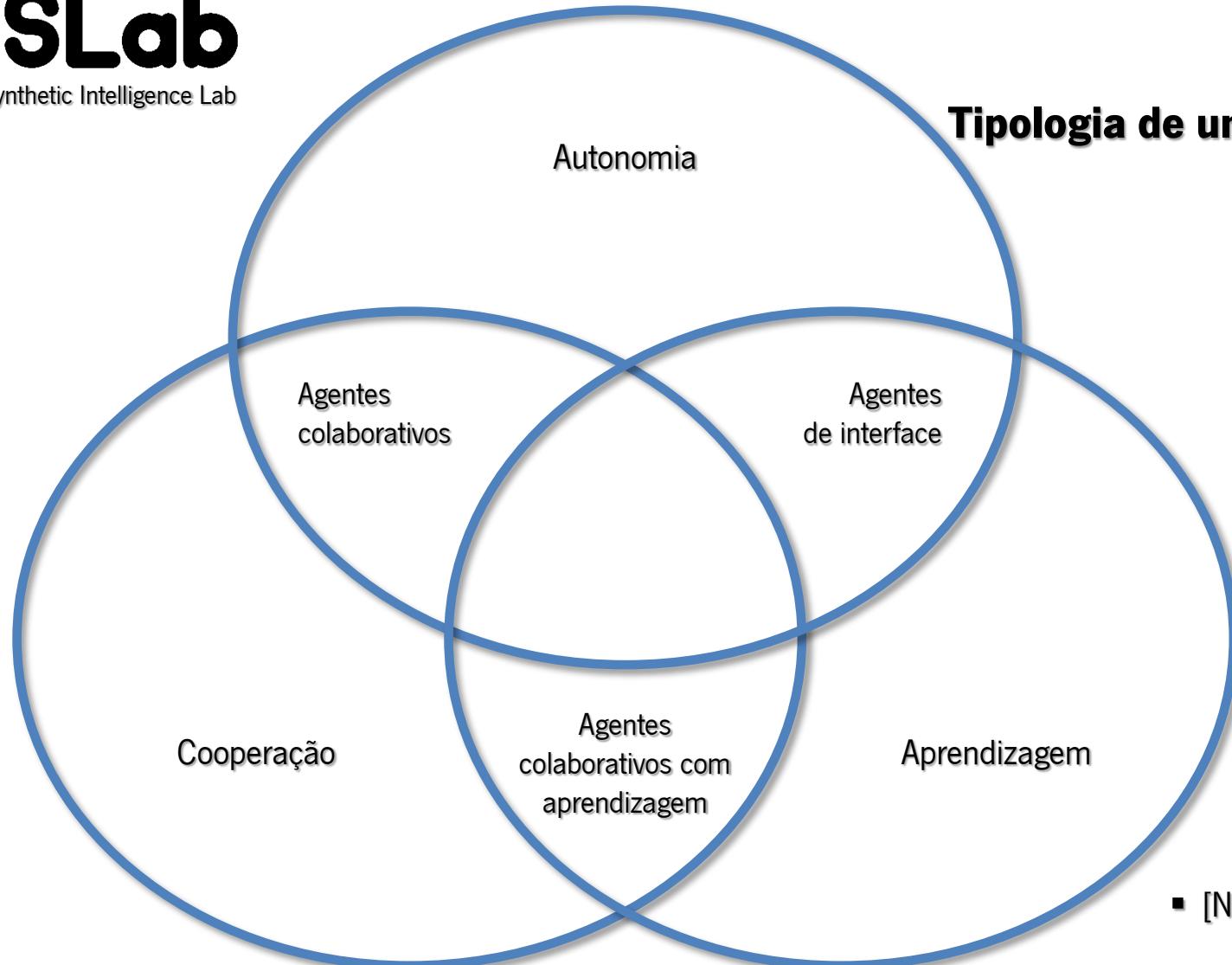


## Tipologia de um Agente



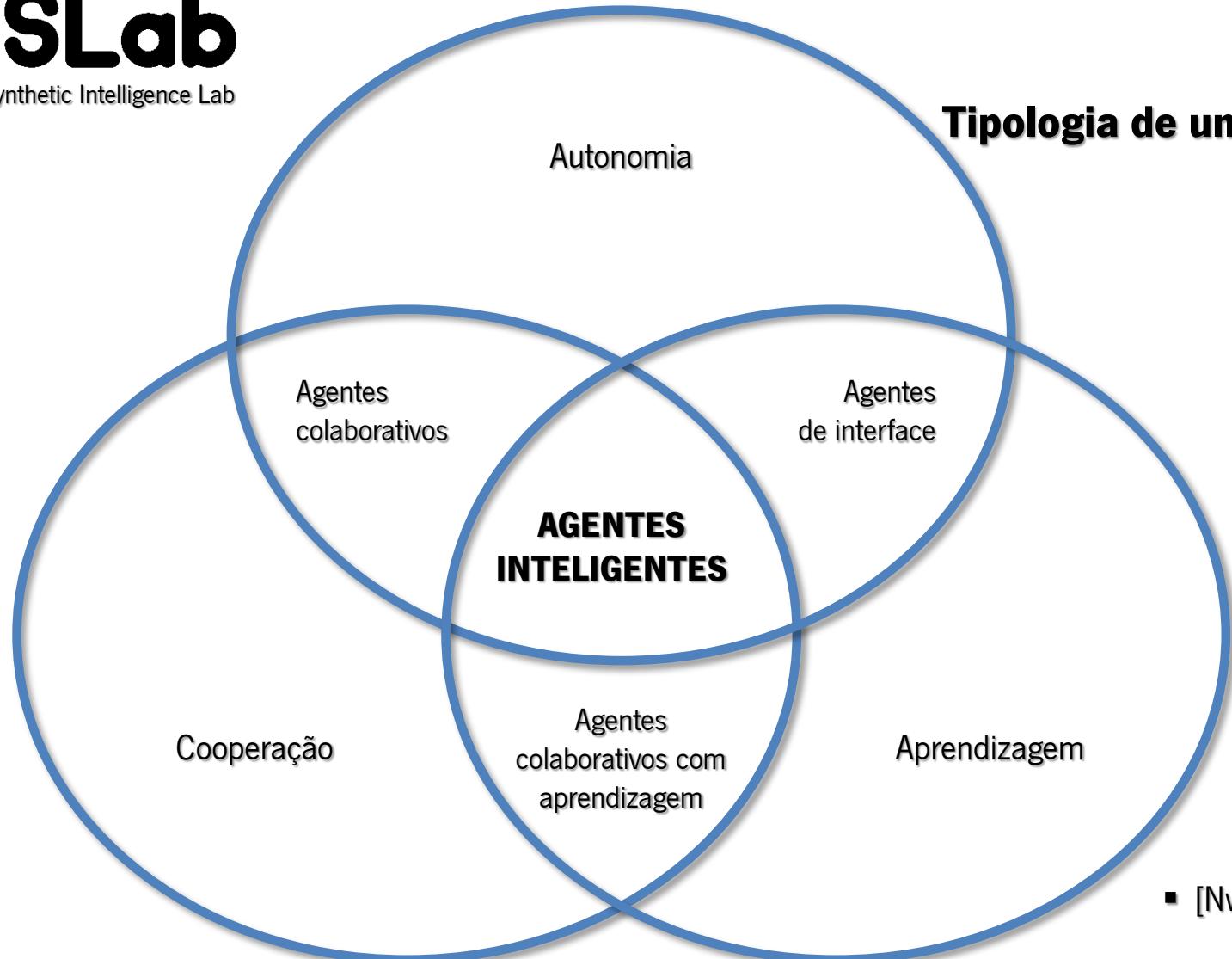
■ [Nwana, 1995]

## Tipologia de um Agente



■ [Nwana, 1995]

## Tipologia de um Agente



▪ [Nwana, 1995]

## Arquiteturas de agente abstratas

- **Ambiente (o meio):**

como um conjunto finito de estados discretos  $E = \{e, e', e'', \dots\}$

- **Ações**

- Um conjunto finito de ações disponibilizadas pelo agente  $Ac = \{\alpha, \alpha', \alpha'', \dots\}$

- **Execução**

- sequência de estados e ações intercalados  $r: e_0 \xrightarrow{\alpha_0} e_1 \xrightarrow{\alpha_1} e_2 \xrightarrow{\alpha_2} \dots \xrightarrow{\alpha_{n-1}} e_n$

Em que:

- $R$  seja o conjunto de todas as possíveis sequências finitas (sobre  $E$  e  $Ac$ )
  - $R^{Ac}$  é o subconjunto daqueles que terminam com uma ação
  - $R^E$  seja o subconjunto daqueles que terminam com um estado de ambiente
  - Uma função de transformação de estado representa o comportamento do ambiente:  $\tau: R^{Ac} \rightarrow \varphi(E)$
  - Se  $\tau(r) = \emptyset$ , então não há estados sucessores possíveis para  $r$ . Neste caso, dizemos que o sistema encerrou a sua execução

- Ambiente

Amb é um triplo Amb=  $\langle E, e_0, \tau \rangle$  onde:

- $E$  é um conjunto de estados do ambiente
- $e_0 \in E$  é o estado inicial
- $\tau$  é uma função de transformador de estado

- Agentes

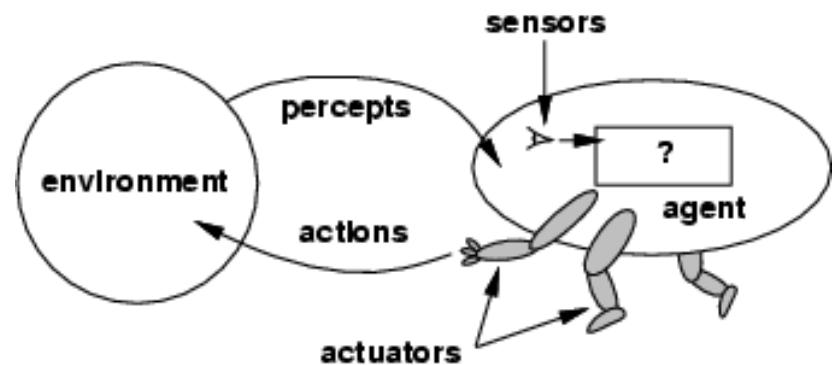
Agente é uma função que mapeia a execução de ações:

- $Ag: R^E \rightarrow Ac$
- Um agente toma uma decisão sobre qual ação executar com base no histórico do sistema.
- Seja AG o conjunto de todos os agentes
- $R^E$  é o subconjunto de execuções que terminam com um estado de ambiente

- 
- Um **sistema** é um **par** que contém um **agente (ou mais)** e um meio **Ambiente**
  - Qualquer sistema terá associado a ele um conjunto de execuções possíveis;
    - denota o conjunto de execuções do agente Ag no ambiente A por R (Ag, A)
  - Assuma-se que R (Ag, Amb) contém apenas execuções encerradas
  - Formalmente:  $(e_0, \alpha_0, e_1, \alpha_1, e_2, \dots)$  representa uma execução de um agente Ag no ambiente Amb=  $\langle E, e_0, \tau \rangle$  se:
    - $e_0$  é o estado inicial de A;
    - $\alpha_0 = Ag(e_0)$
    - Para n>0
      - $e_0 \in \tau(e_0, \alpha_0, \dots, \alpha_{n-1})$  onde  $\alpha_0 = Ag(e_0, \alpha_0, \dots, e_n)$

# Tipos de Agentes

- Estruturas de Dados internas são atualizadas usando percepções e usadas para tomar a decisão das ações a executar (melhor ação)
- Tipos de Agentes (Russel e Norvig, 1995):
  - Agentes reflexos simples
  - Agentes com representação do mundo
  - Agentes baseados em objetivos
  - Agentes baseados em utilidade
  - Agentes com Aprendizagem

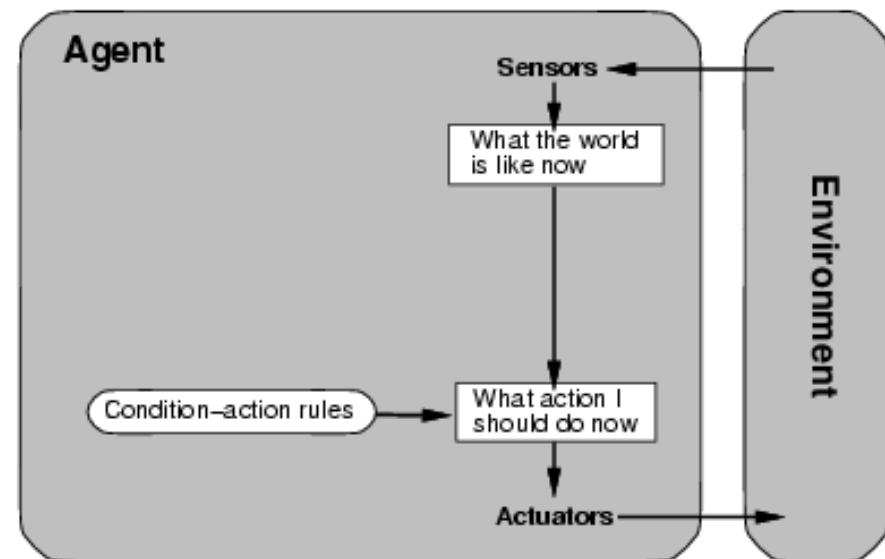


- 
- Agentes que decidem o que fazer sem referência à histórico, baseiam a sua tomada de decisão nas informações do momento.
  - Agentes Reativos
    - $\alpha: A \rightarrow Ac$
  - Um termostato pode ser visto como um agente reativo

$$\sigma_e \begin{cases} off & Se e = \text{temperatura } 0k \\ On & em \text{ qualquer outro caso} \end{cases}$$

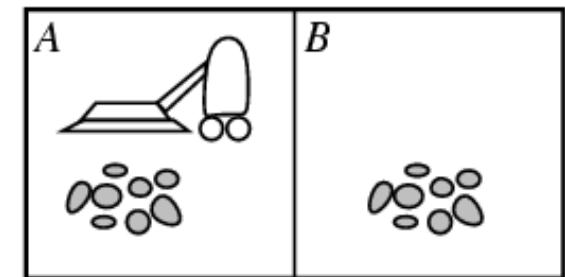
## Agentes Reflexos Simples

- Baseados em tabelas de regras condição-acção (regras if-then)



- Percepções: local e conteúdo
  - Exemplo: [A, sujo]
- Ações: Esquerda, Direita, Aspirar, NoOp

## **Exemplo: O Mundo do Aspirador**



## Exemplo: Agentes Reflexos Simples

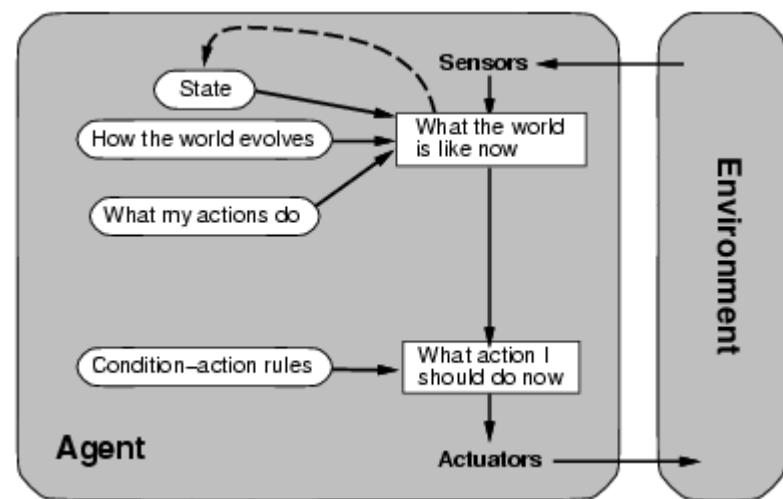
- Regras condição-ação (regras se-então) fazem uma ligação direta entre a percepção atual e a ação;
- O agente funciona apenas se o ambiente for completamente observável e a decisão correta puder ser tomada com base apenas na percepção atual.



**Função AGENTE-ASPIRADOR-REATIVO** (*posição, estado*)  
**retorna** uma ação  
    **se** *estado* = Sujo **então retorna** Aspirar  
    **senão se** *posição* = A **então retorna** Direita  
    **senão se** *posição* = B **então retorna** Esquerda

## Agentes com Representação do Mundo (com Estado)

- Mantém um estado interno (representação do mundo)



## Agentes com Representação do Mundo

**Função AGENTE-REATIVO-COM-Rep\_Mundo(*perceção*) retorna uma ação**  
**Variáveis estáticas:**

*estado*, uma descrição do estado atual do mundo

*regras*, um conjunto de regras condição-ação

*ação*, a ação mais recente, inicialmente vazio

*estado*  $\leftarrow$  ATUALIZA-ESTADO(*estado*, *ação*, *percepção*)

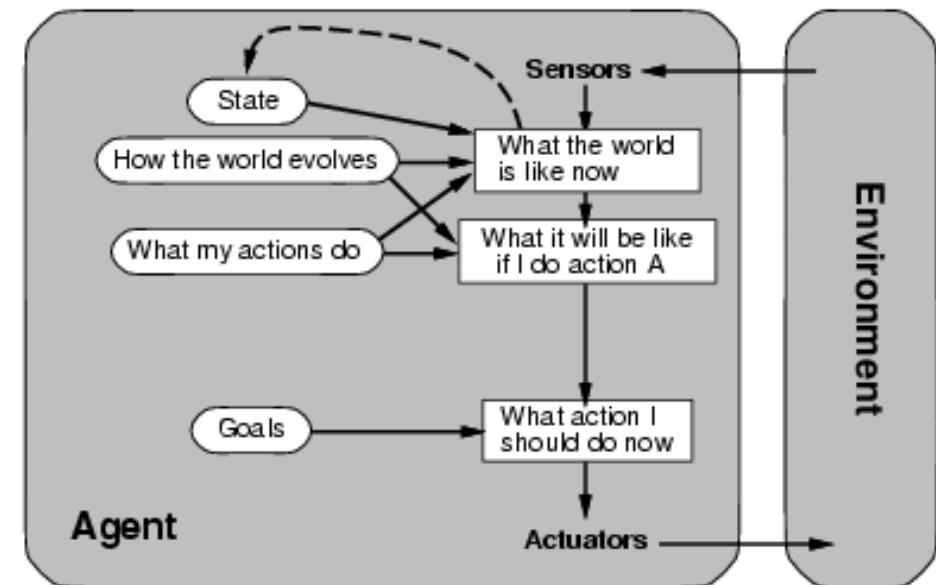
*regra*  $\leftarrow$  DETERMINA\_REGRA(*estado*, *regras*)

*ação*  $\leftarrow$  AÇÃO-DA-REGRA(*Regra*)

retornar *ação*

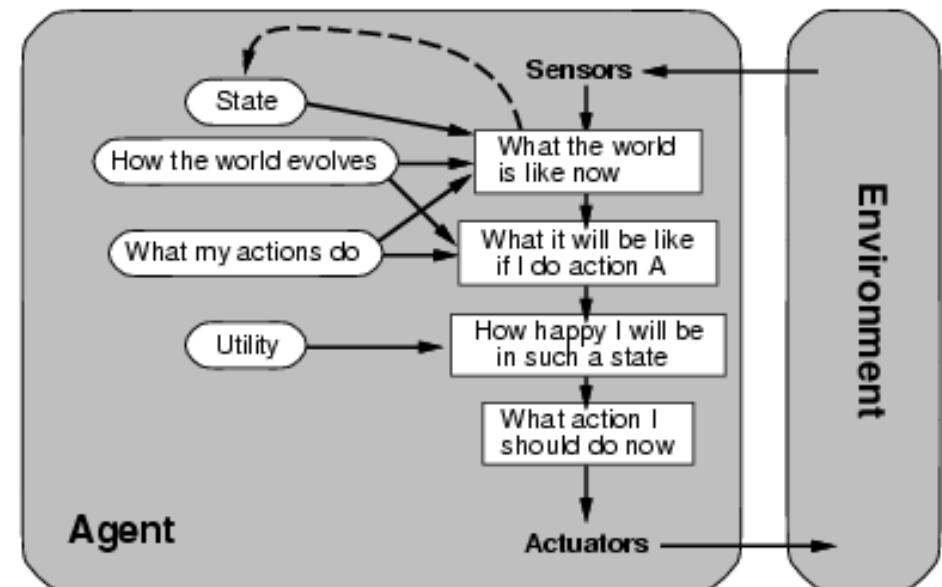
## Agentes Baseado em Objetivos

- Descrição do estado do mundo e do objectivo a atingir
- Resolução de problemas por Pesquisa, Planeamento



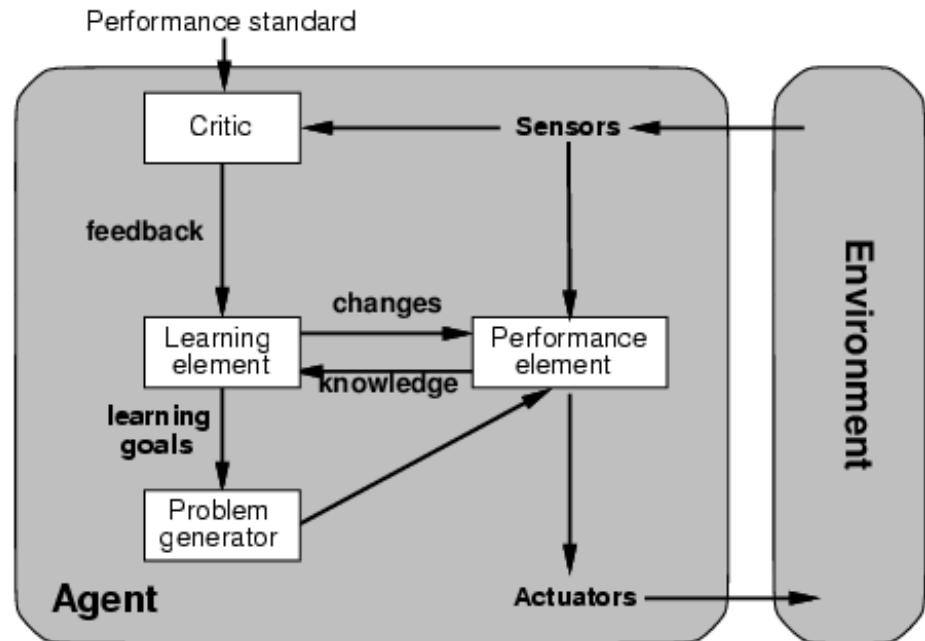
## Agentes Baseados em Utilidade

- Utilidade: Espécie de grau de felicidade do agente!
- Mapeia o estado atual num valor!



## Agentes com Aprendizagem

- Elemento de Aprendizagem e elemento de avaliação de desempenho



### *CONTROLEX: Agente para Controlar a Temperatura de uma Sala*

Apresente um diagrama e o pseudo-código para um agente simples reflexo – CONTROLEX - para controlar a temperatura de uma sala. Suponha que dispõe das percepções T1 e T2 correspondentes à temperatura da sala e à temperatura exterior e as ações AQ ligar o aquecedor, NAQ – Desligar o aquecedor, AC – ligar o ar frio, NAC – Desligar o ar frio, AJ – abrir as janelas, NAJ – fechar as janelas.

Pretende-se que a temperatura da sala esteja entre os 22 e os 24 graus. Sempre que seja possível usar as janelas para controlar a temperatura (não desperdiçando energia), tal deve ser efetuado. Sempre que a temperatura esteja mais de 2 graus afastada da banda desejada (ou seja se a temperatura for inferior a 20 ou superior a 26 graus), deve-se fechar as janelas e em vez disso, usar o aquecedor ou ar frio para repor a temperatura dentro da banda desejada.

Como poderia construir um agente um pouco mais inteligente para este problema (que tipo de agente, percepções, estado do mundo, etc., usar)?



- Perceções:
  - T1 – Temperatura Interior
  - T2 – Temperatura Exterior
- Ações:
  - AQ ligar o aquecedor
  - NAQ – Desligar o aquecedor
  - AC – ligar o ar frio
  - NAC – Desligar o ar frio
  - AJ – abrir as janelas
  - NAJ – fechar as janelas
- Objetivo:
  - Manter a temperatura da sala entre os 22 e os 24 graus
- Agente mais inteligente:
  - Câmaras para analisar quantas e quais as pessoas no interior da sala
  - Ajuste da temperatura em função dos gostos das pessoas
  - Utilização de previsões meteorológicas da Internet

## Exercício: Tópicos de Resolução

### Interpretação da Perceção:

M\_QUENTE =  $T_1 > 26$

QUENTE =  $T_1 > 24$  e  $T_1 \leq 26$

NORMAL =  $T_1 \geq 22$  e  $T_1 \leq 24$

FRIO =  $T_1 \geq 20$  e  $T_1 < 22$

M\_FRIO =  $T_1 < 20$

FORA\_UTIL =  $T_2 < 24$  e QUENTE ou  
 $T_2 > 22$  e FRIO

### Regras Condição-Ação:

SE NORMAL

Então NAQ; NAC; NAJ

Se (QUENTE ou FRIO) e FORA\_UTIL

Então NAQ; AJ; NAC

Se QUENTE e não(FORA\_UTIL) ou M\_QUENTE

Então NAQ; NAJ; AC

Se FRIO e não(FORA\_UTIL) ou M\_FRIO

Então AQ; NAJ; NAC

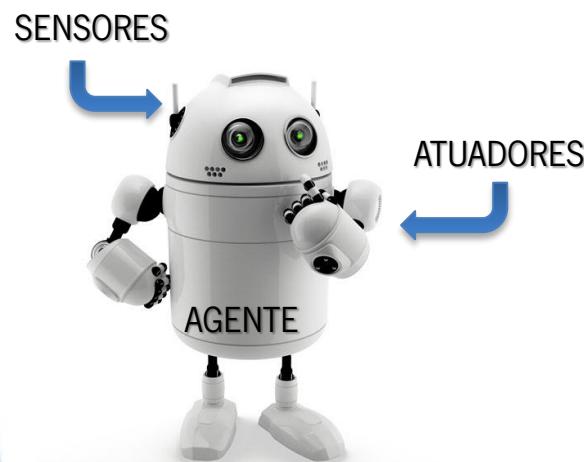


## **Abordagens baseadas na utilidade Dificuldades**

- De onde vêm os números?
- Não pensamos em termos de números!
- Dificuldade na formulação de tarefas nestes termos ...
  
- Outra possível abordagem baseada na especificação de predicados (eg., Lógica)

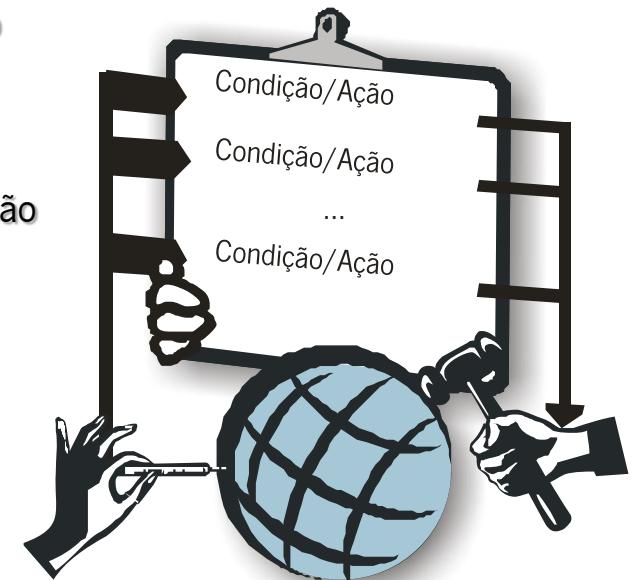
## Arquiteturas de Agentes Inteligentes

- As arquiteturas nas quais se baseiam o desenvolvimento de agentes inteligentes distinguem-se em:
  - Arquiteturas reativas
  - Arquiteturas deliberativas
  - Arquiteturas BDI – Beliefs, Desires and Intentions
  - Arquiteturas híbridas

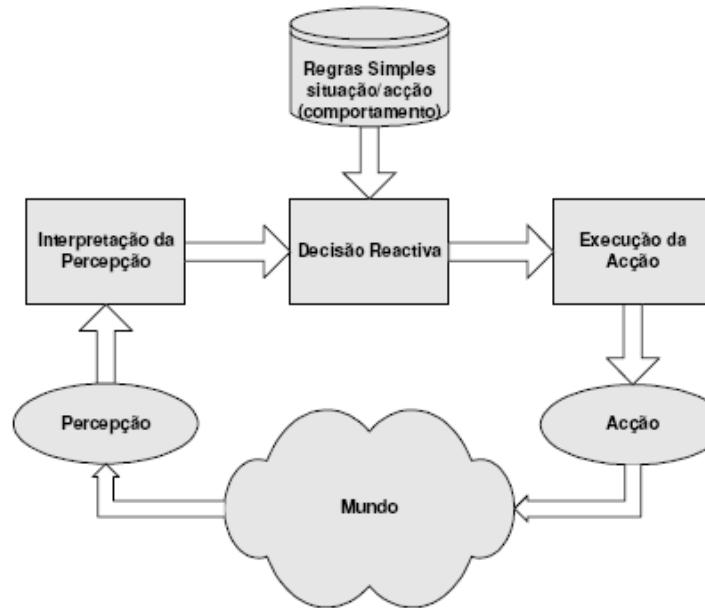


## Arquiteturas Reativas

- Um agente reativo não possui qualquer representação simbólica do universo de discurso, nem requer formas de raciocínio complexas.
- Um agente reativo comporta-se como um autómato envolvido pelo meio ambiente que o rodeia, agindo por reação a estímulos.
- Procura lidar com a percepção que tem do mundo através da receção de itens de informação do tipo atómico, que lhe são passados através de sensores.



- Um agente reativo não possui qualquer representação simbólica do universo de discurso, nem requer formas de raciocínio complexas.

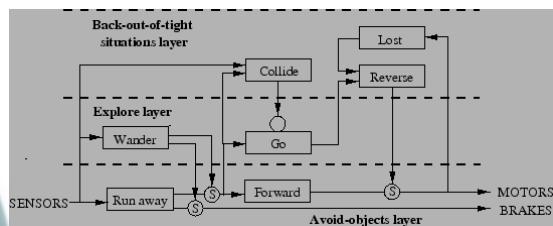


Luis Paulo Reis, 2003

## Subsumption Architecture Rodney Brooks

“Elephants don't play chess” Rodney Brooks

- Recusa da utilização da “representação simbólica”
- Esta arquitetura de controle foi proposta em oposição as arquiteturas mais tradicionais da IA .
- Em vez de o comportamento de se guiar por representações simbólicas do mundo, esta arquitetura agrupa a informação do meio, via sensores, à escolha da ação.
  - Um Comportamento inteligente pode ser gerado sem representações explícitas do tipo que a IA simbólica propõe;
  - O comportamento inteligente pode ser gerado sem raciocínio abstrato explícito do tipo que a IA simbólica propõe;
  - A inteligência como uma propriedade emergente de sistemas complexos.
- O comportamento inteligente emerge como resultado da interação de um agente com seu ambiente.



Exemplo de um sistema de controle



Fonte: Wikipedia  
Mars Exploration Rover

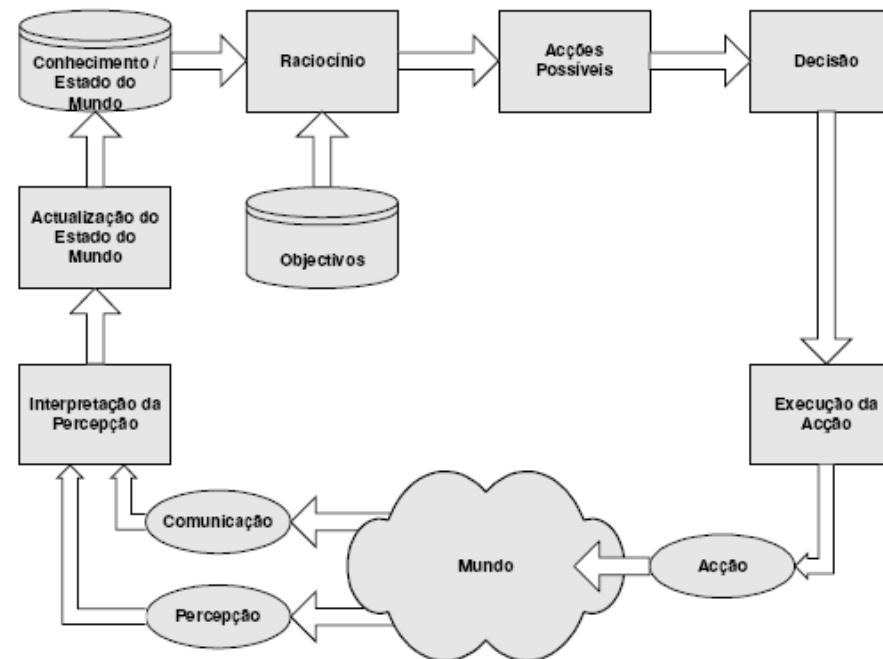
## Arquiteturas Deliberativas

- Seguem a abordagem clássica da IA, onde os agentes atuam com pouca autonomia e possuem modelos simbólicos explícitos dos seus ambientes (universo de discurso), cujo estado de conhecimento pode ser modificado por alguma forma de raciocínio lógico-matemático.
  
- Um problema de transposição e representação:
  - como traduzir o mundo real em termos de um programa em lógica?
  
- Um problema de raciocínio:
  - como levar os agentes a raciocinar?



## Arquiteturas Deliberativas

- Seguem a abordagem clássica da IA, onde os agentes atuam com pouca autonomia e possuem modelos simbólicos explícitos dos seus ambientes (universo de discurso), cujo estado de conhecimento pode ser modificado por alguma forma de raciocínio lógico-matemático.



## Arquiteturas Deliberativas

- 
- Agentes como sistemas intencionais
    - Fornecemos ao agente uma especificação abstrata do sistema e deixamos o mecanismo de controle descobrir o que fazer, sabendo que ele atuará de acordo com alguma teoria embutida de atuação
  - Arquitetura do Agente Deliberativo:
    - Contém um explícito modelo simbólico que representa o mundo;
    - Toma decisões por meio de raciocínio simbólico eg., sobre quais ações executar.
    - Atitudes informadas: Relacionadas com as informações que os agentes possuem sobre o meio ambiente (**crenças** e conhecimento)
    - Pró-atitudes: orienta as ações dos agentes (**desejos, intenções**, expectativas, comprometimento).

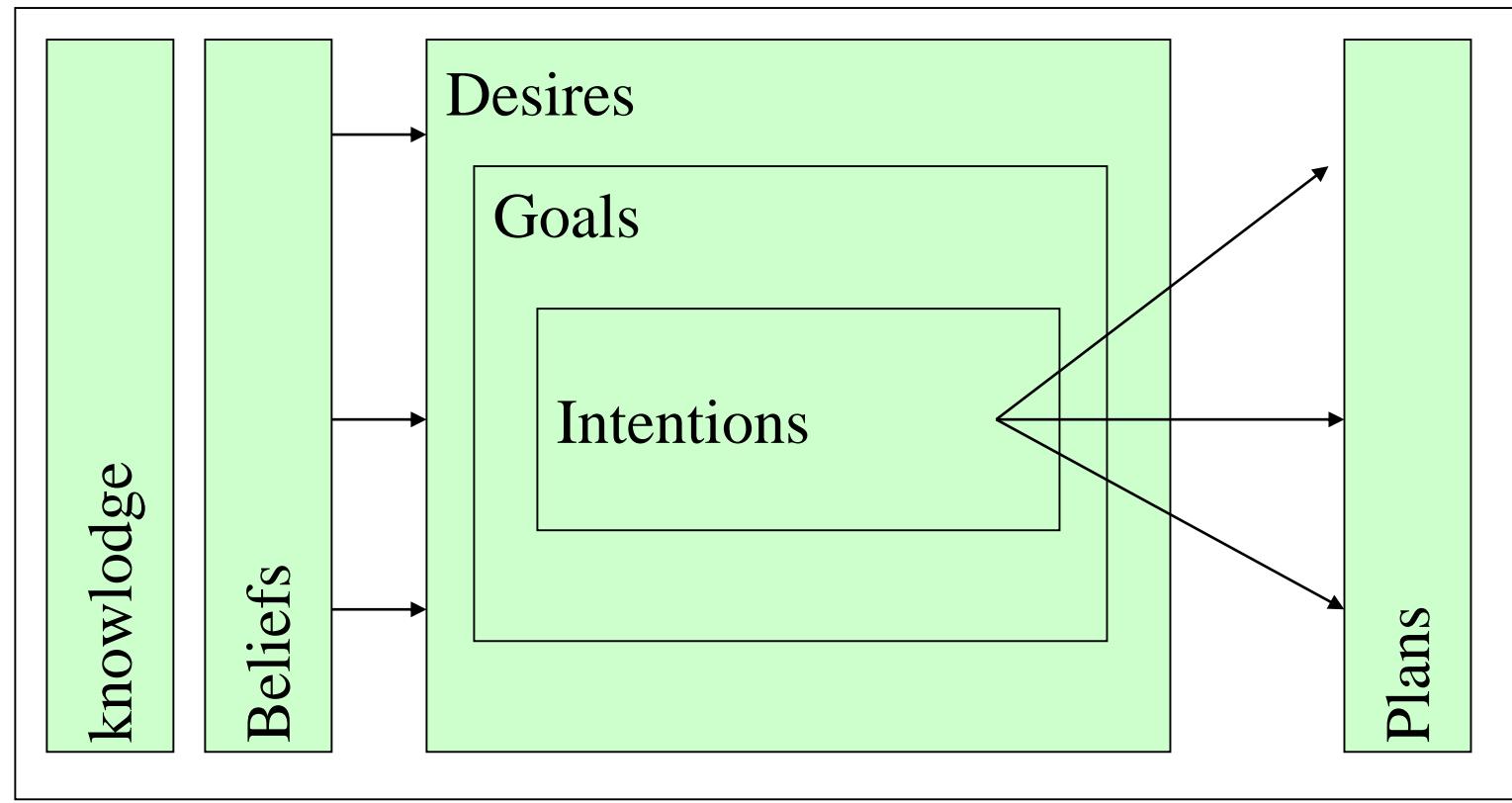
- 
- "Practical reasoning is a matter of weighing conflicting considerations for and against competing options, where the relevant considerations are provided by what the agent desires/values/cares about and what the agent believes." Bratman,M.E., (1990), "What is Intention?" - MIT Media Lab
  - Os Sistemas Intencionais são a base dos agentes deliberativos, que seguem a postura intencional por meio do raciocínio prático.
  - Raciocínio Prático = Deliberação + Raciocínio Means-Ends
    - Deliberação: decidir qual o “estado” que queremos alcançar
    - Raciocínio means-ends: decidir como queremos alcançar esse “estado”.



- Nesta abordagem à problemática que está subjacente à construção de arquiteturas para agentes, tem-se como objetivo obter aquela que melhor se adequa à descrição do estado interno de conhecimento de um agente, com base nos seus estados mentais, estando estes de que o agente fará uso para determinar o seu curso de ação:
  - As intenções dos agentes guiam as Ações;
  - As intenções baseiam-se em Crenças.

## Arquiteturas *BDI* *Beliefs, Desires and Intention*





- 
- **Beliefs** (crenças) : Contém as visões fundamentais de um agente com relação ao seu ambiente.
  - **Desires** (desejos): São derivados diretamente das crenças, contém os julgamentos de situações futuras do agente.
  - **Goals** (metas): Subconjunto dos desejos contendo somente os estados que o agente realmente pode assumir.
  - **Intentions** (intenções): Subconjunto das metas; se um agente decide seguir uma meta específica, esta meta torna-se uma Intenção.
  - **Plans** (planos): Combina as intenções dentro de unidades consistentes.

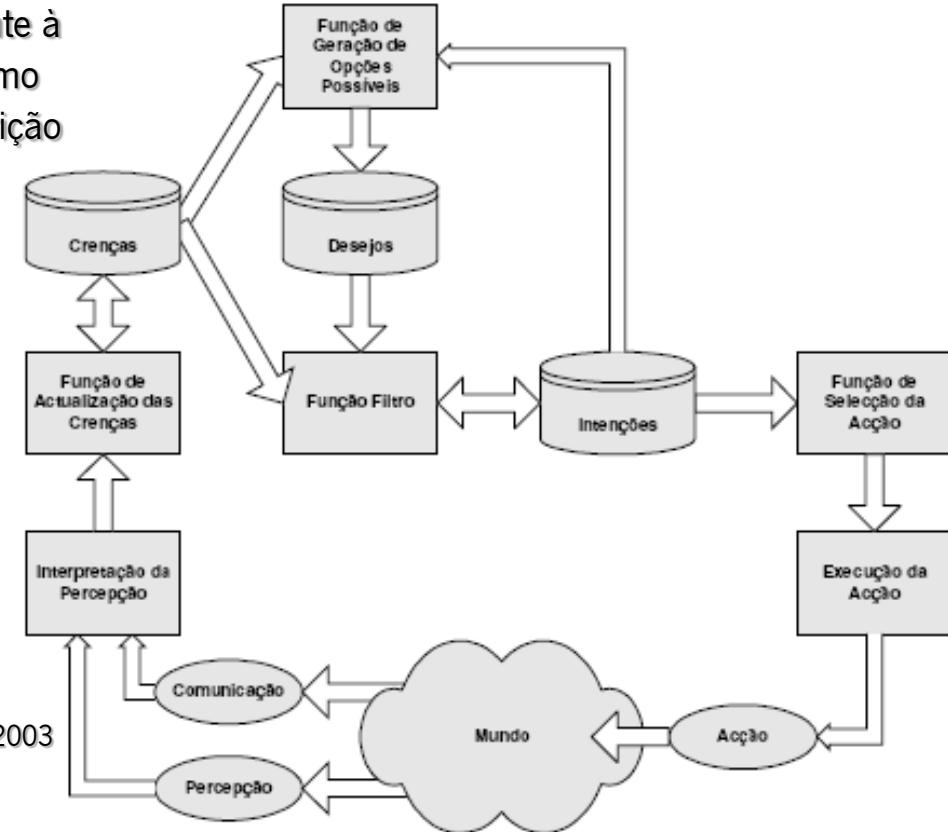


## Arquiteturas BDI

### *Beliefs, Desires and Intention*

- Nesta abordagem à problemática que está subjacente à construção de arquiteturas para agentes, tem-se como objetivo obter aquela que melhor se adequa à descrição do estado interno de conhecimento de um agente, com base nos seus estados mentais, estados estes de que o agente fará uso para determinar o seu curso de ação:
  - As intenções dos agentes guiam as Ações;
  - As intenções baseiam-se em Crenças.

Luis Paulo Reis, 2003



Subcomponentes do fluxo de controle geral da arquitetura BDI

- Revisão de crenças
  - Atualiza as crenças com informações “sensoriais” e crenças anteriores
- Geração opções
  - Use as crenças e intenções existentes para gerar um conjunto de alternativas/opções (= desejos)
- Filtragem
  - Escolhe entre alternativas concorrentes e compromete-se com sua realização
- Função de planeamento
  - Dadas as crenças e intenções atuais, geram um plano de ação
- Geração de ação: executa ações iterativamente segundo a sequência descrita no plano
- Eg., OASIS - System of air-traffic control (NASA)

## Algumas limitações das arquiteturas reativas

- Os agentes sem modelos de ambiente deveriam ter informações suficientes disponíveis no “ambiente local”;
- Se as decisões são baseadas no “ambiente local”, como leva em consideração as informações não locais (tem de algum modo uma visão de "curto prazo");
- É muito difícil construir agentes reativos com capacidade de aprendizagem;
- É difícil projetar agentes com grande número de comportamentos (a dinâmica das interações torna-se muito complexa para ser entendida).

## **Algumas limitações das arquiteturas deliberativas**

- 
- Críticas aos Agentes Deliberativos:
    - A abordagem simbólica em si mesmo;
    - A ligação ao mundo real
    - A velocidade do processo de tomada de decisão num mundo real.

## Arquiteturas Híbridas

- Uma abordagem óbvia é construir um agente de dois (ou mais) subsistemas:
  - um deliberativo, contendo um modelo de mundo simbólico, que desenvolve planos e toma decisões;
  - um reativo, que é capaz de reagir a eventos sem raciocínio complexo.
- Agentes híbridos combinam as características deliberativa e reativa.
- A ideia principal passa por categorizar as funcionalidades do agente em camadas dispostas hierarquicamente.
- À camada reativa é atribuída alguma forma de prioridade sobre a deliberativa, de tal modo que se aproveite uma das suas características mais importantes que é a de dar resposta rápida a eventos detetados no ambiente.

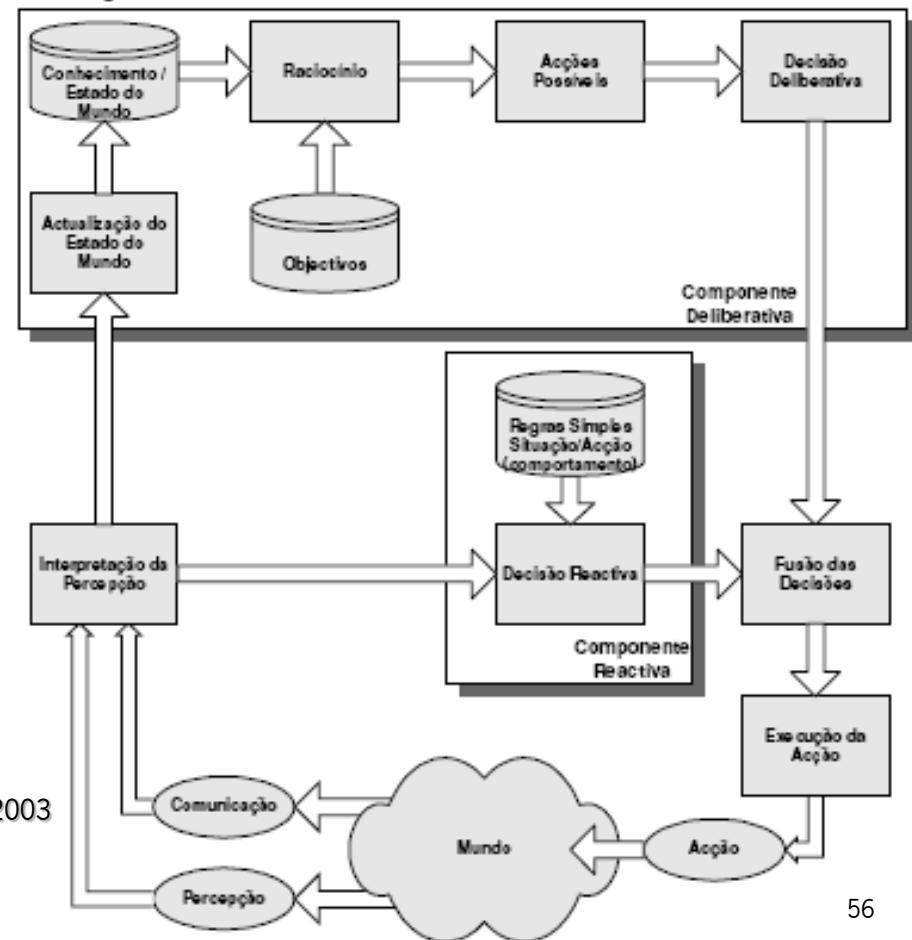




- Agentes híbridos combinam as características deliberativa e reativa.
- A ideia principal passa por categorizar as funcionalidades do agente em camadas dispostas hierarquicamente.
  
  
  
- À camada reativa é atribuída alguma forma de prioridade sobre a deliberativa, de tal modo que se aproveite uma das suas características mais importantes que é a de dar resposta rápida a eventos detetados no ambiente.

Luis Paulo Reis, 2003

## Arquiteturas Híbridas



## The DARPA Grand Challenge (2003)

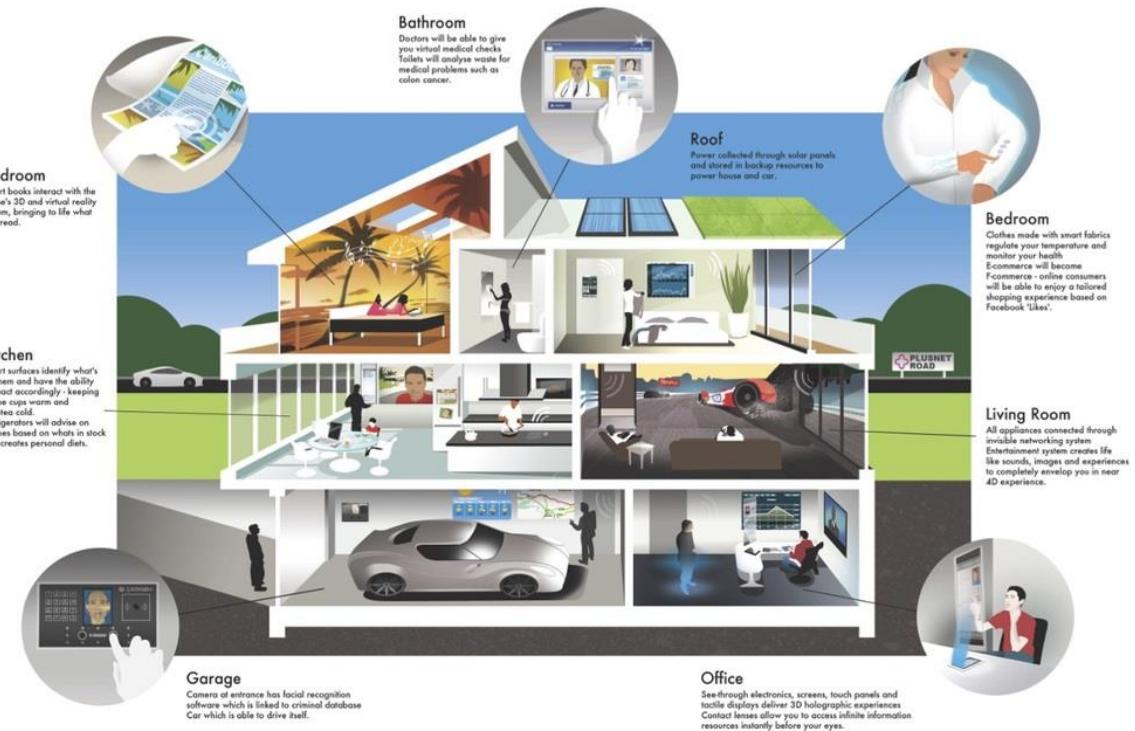
Veículos autónomos ao longo de 212 km do deserto de Nevada:  
Stanley vencedor contra CMU.



Sebastian Thrun, da Universidade de Stanford, bateu as 3 equipas da CMU, que tinha por sua vez batido a de Rodney Brooks do MIT no Concurso da NASA para a missão em Marte, (STANLEY, 2005).

- Internet
- Comércio Eletrónico
- Redes Colaborativas
- Simulação Social
- Aplicações Industriais
- Ambientes Inteligentes
- Tomada de Decisão em Grupo
- Direito

## Áreas de Aplicação



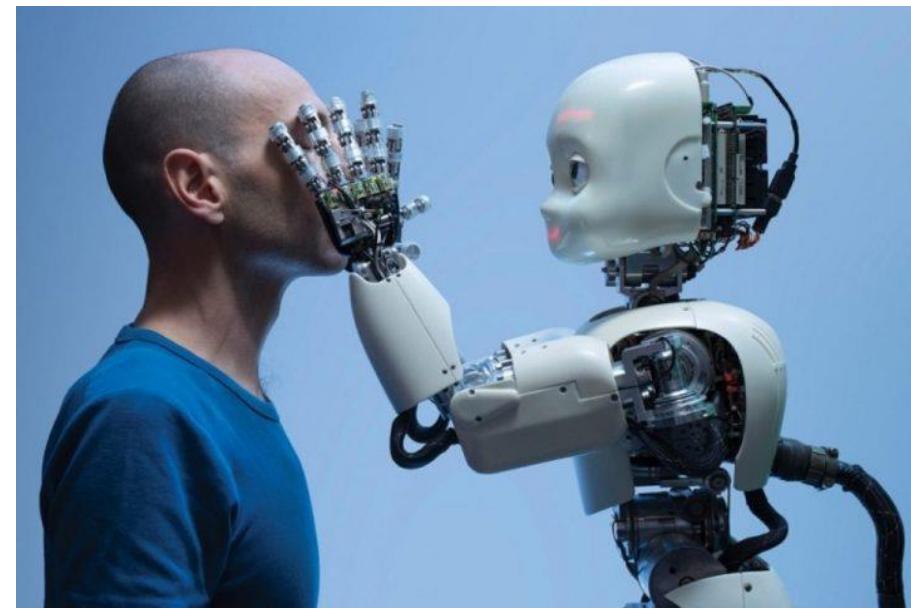
## Conclusões

- Um agente é uma entidade computacional com um comportamento **autônomo** que lhe permite decidir sobre as suas próprias ações;
- Os agentes têm uma **existência própria**, independente da existência de outros agentes;
- Cada agente possui um conjunto de características comportamentais que definem a sua **competência**, um conjunto de objetivos, e a **autonomia** necessária para utilizar as suas capacidades comportamentais a fim de alcançar os seus objetivos;
- A **decisão** de qual a ação a levar a cabo é determinada pelo agente, tendo em consideração as mudanças que ocorrem no ambiente em que atua e o desejo de alcançar os seus objetivos.



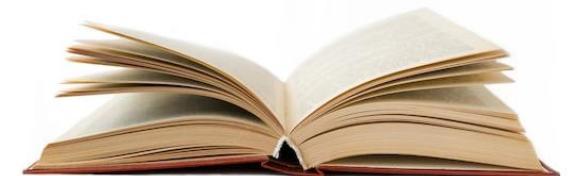
## Tendências

- É raro os agentes existirem isolados;
- É necessário trabalhar em conjunto - Sistemas Multiagentes;
- É necessário coordenar - trabalhar em conjunto de forma harmoniosa;
- Ubiquidade - Integração de microprocessadores nos objetos do dia a dia (computação embebida);
- Conectividade - isolado *versus* redes distribuídas;
- Inteligência - tarefas cada vez mais complexas;
- Delegação - delegação de tarefas críticas  
(p.ex., piloto automático);
- Servir o humano - uso de metáforas “humanas”  
em vez de interação ao nível da máquina.



## Referências

- [Russell & Norvig, 1995] Stuart J. Russell, Peter Norvig, "Artificial Intelligence – A Modern Approach", Prentice Hall International Inc., EUA, 1995.
- [Huhns & Singh, 1998] Michael N. Huhns, Munindar P. Singh, "Agents and Multiagent Systems: Themes, Approaches and Challenges", Huhns, Singh (editors), Readings in Agents, pp. 1 23, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, USA,
- [Maes, 1990] Pattie Maes, "Situated Agents Can Have Goals", Designing Autonomous Agents, Maes (editor), MIT Press.
- [Wooldridge, 1999] Michael J. Wooldridge, "Intelligent Agents", in Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, Weiß (editor), chapter 1, pp. 27 77, MIT Press, Cambridge, USA.
- [Wooldridge & Jennings, 1995] Michael J. Wooldridge, Nicholas R. Jennings, "Intelligent Agents: Theory and Practice", Knowledge Engineering Review, 10 (2), pp. 115 152, 1995.



## Referências

- [Nwana, 1996] Hyacinth S. Nwana, “Software Agents: An Overview”, *Knowledge Engineering Review*, 11 (3), pp. 1-40.
- [Rao & Georgeff, 1995] Anand S. Rao, Michael P. Georgeff, “BDI Agents: from Theory to Practice”, *Proceedings of the First International Conference on Multi Agent Systems – ICMAS’95*, São Francisco, EUA.
- [Reis, 2003] Luís Paulo Reis, “Coordenação em Sistemas Multi-Agente: Aplicações na Gestão Universitária e Futebol Robótico”, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [d'Inverno, Luck, 2003] d'Inverno M., Luck M., “Understanding Agent Systems”, Springer, ISBN: 978-3540407003.
- [Maes P., 1990] Designing Autonomous Agents: Theory and Practice from Biology to Engineering and Back, MIT Press.
- [Muller J., 1996] The Design of Intelligent Agents: a Layered Approach, Springer.

**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

# Agentes Inteligentes

**Paulo Novais, Filipe Gonçalves**  
**Mestrado Integrado em Engenharia Informática**  
**Mestrado em Engenharia Informática**  
Perfil SI :: Agentes Inteligentes