

AGENTES INTELIGENTES

Parcialmente adaptado de
<http://aima.eecs.berkeley.edu>

Resumo da matéria

- Agentes e ambientes
- Racionalidade
- PEAS
 - Performance measure
 - Environment
 - Actuators
 - Sensors
- Tipos de Ambientes
- Tipos de Agentes
- Tipos de Arquiteturas

O que é a Inteligência Artificial ?

Sistemas que pensam como os humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Sistemas que agem como os humanos	Sistemas que agem racionalmente

Agentes



- Um **agente** é qualquer entidade que **percepciona** o seu **ambiente** através de **sensores** e age nele através de **actuadores**

- Agente biológico

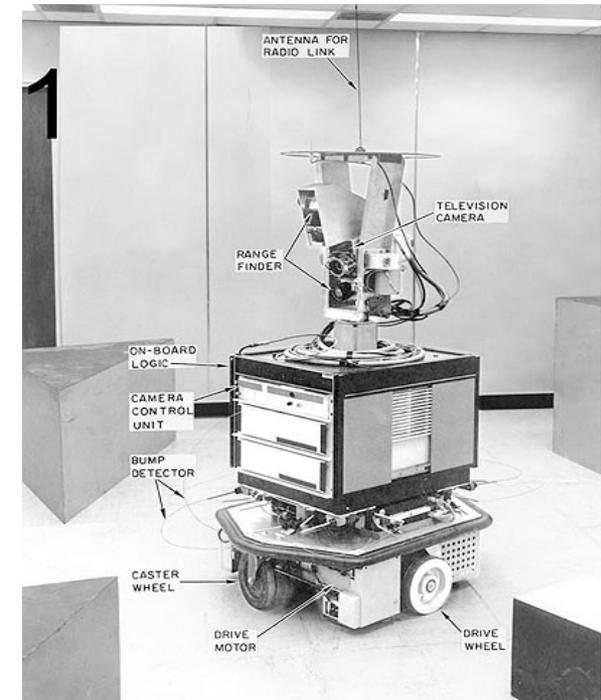
- Sensores: olhos, ouvidos, pele, etc.
- Actuadores: mãos, pernas, boca, etc.

- Agente robótico

- Câmaras e sensores de proximidade
- Actuadores: diversos motores

- Agente computacional (software, vida artificial)

- Sensores: teclado, rato, ligações TCP
- Actuadores: ecrã, placa de controlo, drive disco, enviar email, etc.

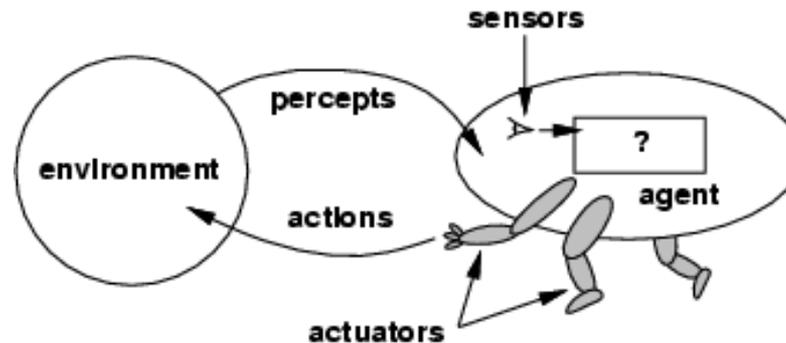


[Shakey \(SRI International\)](#)
[Vídeo](#)

Características dos agentes

- Corpo
- Localização
 - Existem no espaço e no tempo
- Capacidades
 - Sensores e Actuadores
- Decisão
 - Deliberativa ou não

Agentes e ambientes



- A **função agente** mapeia histórias em acções:

$$[acção: P^* \rightarrow \mathcal{A}]$$

- O **programa agente** é executado numa **arquitectura** física para produzir **acção**
- agente = arquitectura + programa

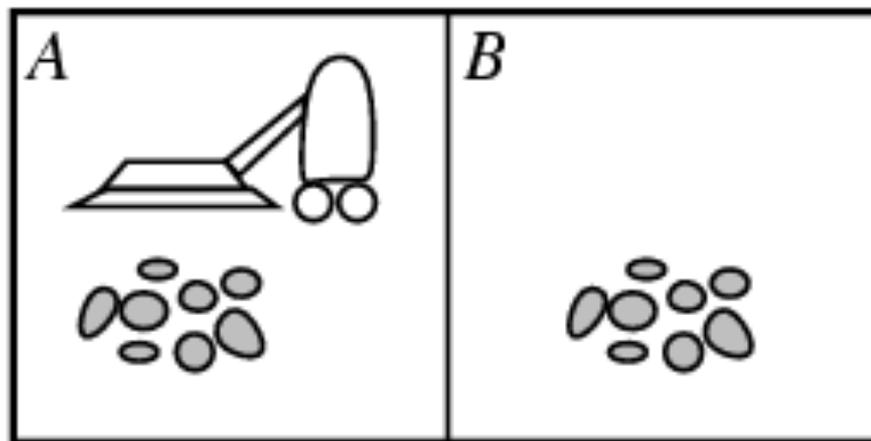
Visão sistémica

- Ambientes caracterizam-se por conjunto de estados \mathcal{E}
- Ambientes sofrem transições não deterministas
[ambiente: $\mathcal{E} \times \mathcal{A} \rightarrow 2^{\mathcal{E}}$]
- Agente é constituído por duas funções
[percepção: $\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{P}$]
[acção: $\mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}$]
- Agente implementa a função
[agente: $\mathcal{E}^* \rightarrow \mathcal{A}$]

Propriedades dos agentes

- **Racionalidade**
 - Maximiza o seu desempenho em função da informação disponível
- **Reactividade**
 - Responde em tempo útil a mudanças do ambiente
- **Proactivo (orientado pelos objectivos)**
 - Tem iniciativa. Não se limita a reagir ao ambiente.
- **Comunicação**
 - Comunica com outros agentes
- **Autonomia**
 - Aprende e adapta-se de acordo com a experiência anterior
- **Mobilidade**
 - Capaz de se transportar de um local para outro (e.g. de máquina para máquina)
- **Carácter**
 - Tem estado emocional e sua própria personalidade (veracidade e benevolência)

O mundo do aspirador



- Percepções: localização e conteúdo (e.g. [A,Dirty])
- Acções: *Left*, *Right*, *Suck*, *NoOp*

Um programa aspirador

História (seq. de percepções)	Acção
[A;Clean]	<i>Right</i>
[A;Dirty]	<i>Suck</i>
[B;Dirty] [B;Clean]	<i>Left</i>
[A;Clean], [A;Clean]	<i>Right</i>
[A;Clean], [A;Dirty]	<i>Suck</i>
...	...

```
function Agente-Aspirador-Reactivo( [location,status] ) returns action
  if status = Dirty then return Suck
  else if location = A then return Right
  else if location = B then return Left
```

Qual é a função correcta ?

Pode ser implementada num programa agente?

Agentes racionais

- Um agente deve “fazer aquilo que é correcto”, baseando-se no que percepçiona e nas acções que pode efectuar.
- A acção correcta é aquela que trará mais sucesso ao agente.
- Medida de desempenho
 - Critério objectivo que mede o sucesso do comportamento de um agente

O aspirador...

- Medida de desempenho para o aspirador:
 - quantidade de sujeira limpa
(1 ponto por casa limpa)
 - tempo demorado
(1 ponto por cada casa limpa por unidade de tempo)
 - energia gasta
(1 ponto por cada casa limpa por unidade de tempo, menos 1 por movimento)
 - ruído
(1 ponto por cada casa limpa por unidade de tempo, menos 1 por movimento e 2 por aspiração)

Definição de agente racional

- Um **agente racional** deve seleccionar a acção que maximiza o valor **esperado** da medida de desempenho, dada a evidência fornecida pela sequência de percepções e conhecimento que o agente tenha.
- Racionalidade \neq omnisciência (tudo saber)
- Racionalidade \neq clarividência (tudo prever)
- Racionalidade \neq bem sucedido
- Racionalidade pressupõe
 - Obtenção de informação e exploração
 - Aprendizagem
 - Autonomia

PEAS

- **PEAS**: **P**erformance measure, **E**nvironment, **A**ctuators, **S**ensors
- Deve-se especificar completamente a situação no desenho de um agente inteligente

PEAS (Táxi Automático)

- Medida de desempenho
 - Segurança, rapidez, obediência às regras de trânsito, conforto, maximizar lucro
- Ambiente
 - Estradas, outro trânsito, peões, cliente, meteorologia, ...
- Actuadores
 - Volante, acelerador, travão, luzes, buzina, sintetizador/ecrã, ...
- Sensores
 - Câmaras, acelerómetros, instrumentos de bordo, sensores do motor, teclado, GPS

PEAS (Diagnóstico Médico)

- Medida de desempenho
 - Saúde do paciente, minimizar custos, processos em tribunal
- Ambiente
 - Paciente, hospital, pessoal
- Actuadores
 - Ecrã (questões, análises, diagnósticos, tratamentos)
- Sensores:
 - Teclado (sintomas, respostas do doente)

PEAS (Seleccção de peças)

- Medida de desempenho
 - Percentagem de peças nos receptáculos correctos
- Ambiente
 - Passadeira rolante com peças, receptáculos
- Actuadores
 - Braço robótico, garra
- Sensores:
 - Câmara e ângulos de rotação dos eixos

PEAS (Tutor interactivo de Inglês)

- Medida de desempenho
 - Maximizar a nota do estudante no teste
- Ambiente
 - Conjunto de estudantes
- Actuadores
 - Ecrã (exercícios, sugestões e correcções)
- Sensores:
 - Teclado

Tipos de Ambientes

- **Totalmente observável** (vs. parcialmente observável)
 - Os sensores do agente dão acesso ao estado completo do ambiente em cada instante de tempo.
- **Determinista** (vs. estocástico)
 - O estado seguinte do ambiente é completamente determinado pelo estado corrente e pela ação executada pelo agente
 - Se o ambiente é determinista exceptuando-se as ações de outros agentes, então o ambiente é **estratégico**.
- **Episódico** (vs. sequencial)
 - A experiência do agente é dividida em episódios atômicos (percepção seguida de única ação), em que a escolha da ação depende apenas do próprio episódio, e cada episódio não depende de ações anteriores.

Tipos de ambientes

- **Estático** (vs. dinâmico)
 - O ambiente não se altera enquanto o agente delibera
 - O ambiente é **semi-dinâmico** quando o ambiente não se altera com a passagem do tempo, ao contrário da medida de desempenho
- **Discreto** (vs. contínuo)
 - Um número limitado de acções e percepções, e claramente definidos.
- **Agente único** (vs. multi-agente)
 - Agente a operar sozinho no ambiente.

Tipos de ambiente

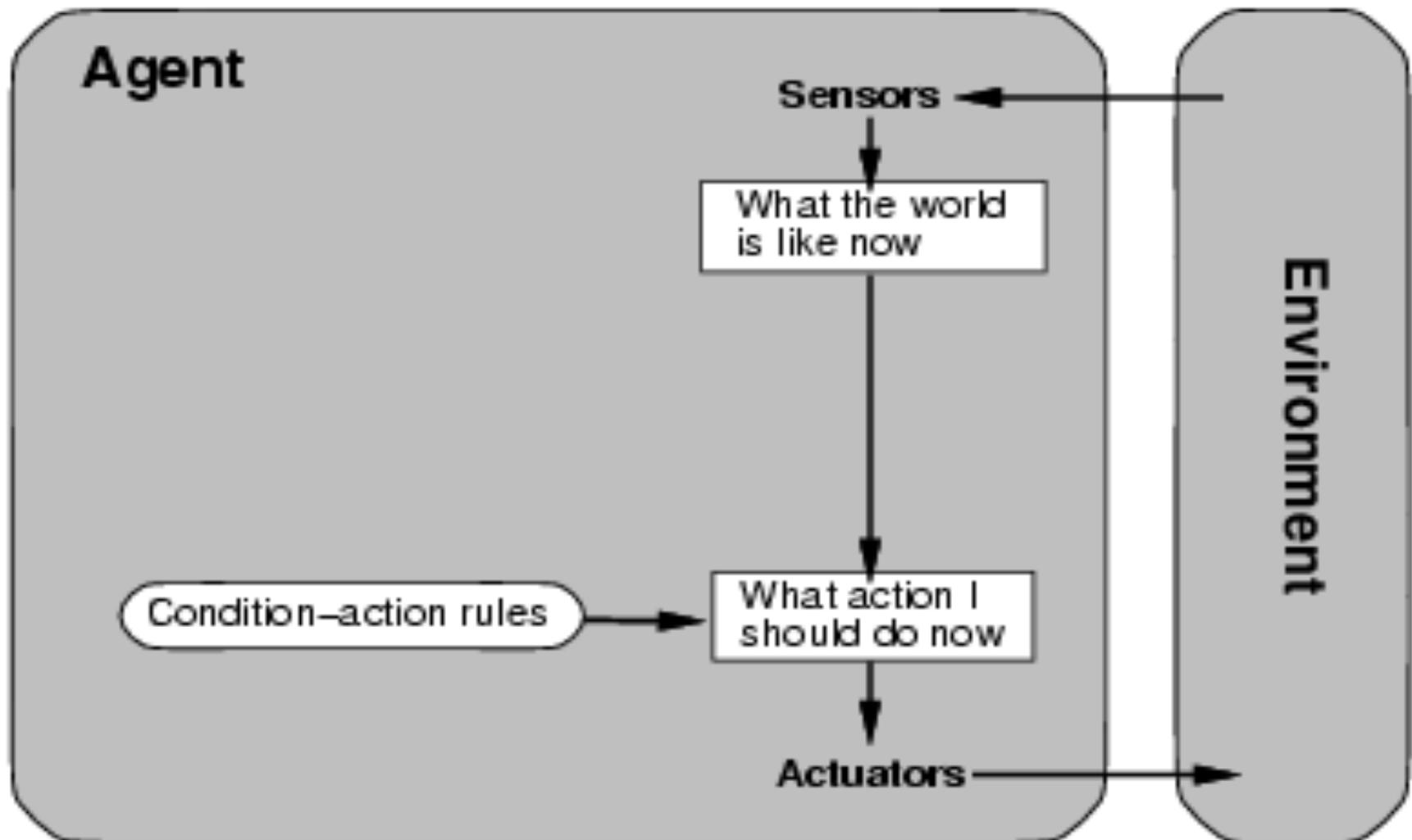
	Solitário	Xadrez	Táxi
Total. Observável	Sim	Sim	Não
Determinista	Sim	Estratégico	Não
Episódico	Não	Não	Não
Estático	Sim	Sim	Não
Discreto	Sim	Sim	Não
Agente único	Sim	Não	Não

- O tipo de ambiente influencia grandemente o desenho do agente
- A realidade é parcialmente observável, estocástica, sequencial, dinâmica, contínua e multi-agente

Tipos de agentes

- Quatro tipos básicos de agentes de generalidade crescente:
 - Agente reactivo puro
 - Agente reactivo baseado em modelos
 - Agente deliberativo com objectivo
 - Agente deliberativo com função de utilidade
- Todos eles podem ser transformados em agentes com capacidades de aprendizagem

Agente reactivo puro



Agente Reactivo Simples

```
function AGENTE-REACTIVO( [percepção]) returns acção
static: regras, um conjunto de regras condição-acção
estado ← INTERPRETAR-ENTRADA(percepção)
regra ← ESCOLHE-REGRA(estado,regras)
acção ← ACÇÃO-REGRA[regra]
return acção
```

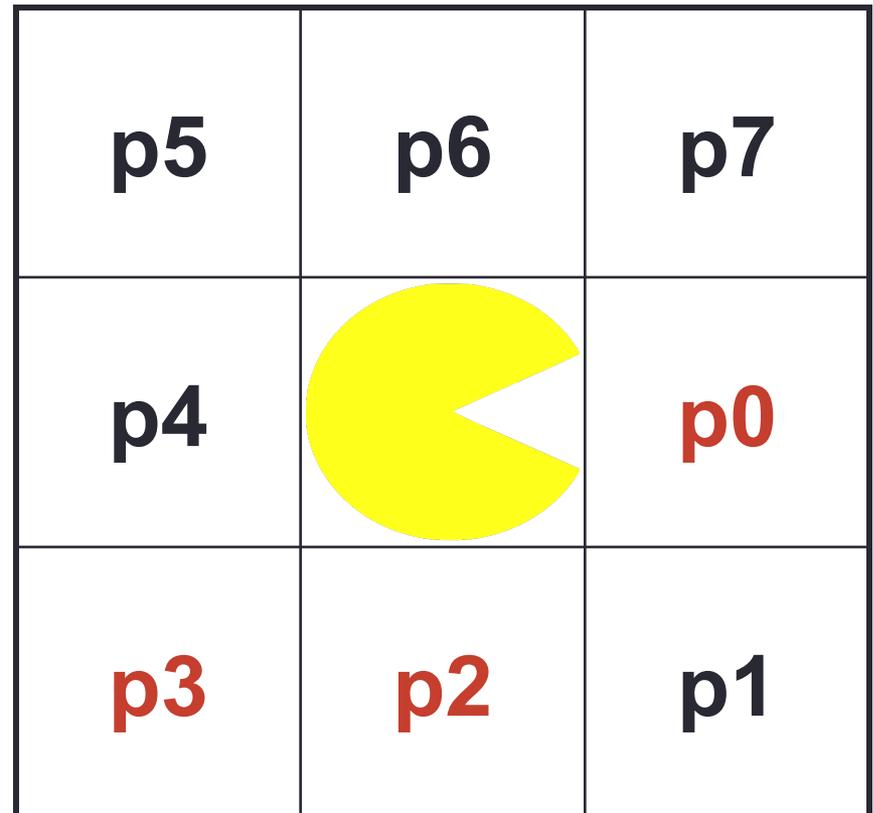
```
function AGENTE-ASPIRADOR-REACTIVO( [location,status]) returns action
if status = Dirty then return Suck
else if location = A then return Right
else if location = B then return Left
```

Programas Teleo-Reactivos (Nilsson)

- Sequência de regras de produção
 - $c_1 \rightarrow a_1$
 - $c_2 \rightarrow a_2$
 - ...
 - $c_n \rightarrow a_n$
- Condições c_1, \dots, c_n são conjunções de proposições booleanas
- Acções a_1, \dots, a_n são acções a executar
- Executa-se a primeira regra cuja condição é verdadeira

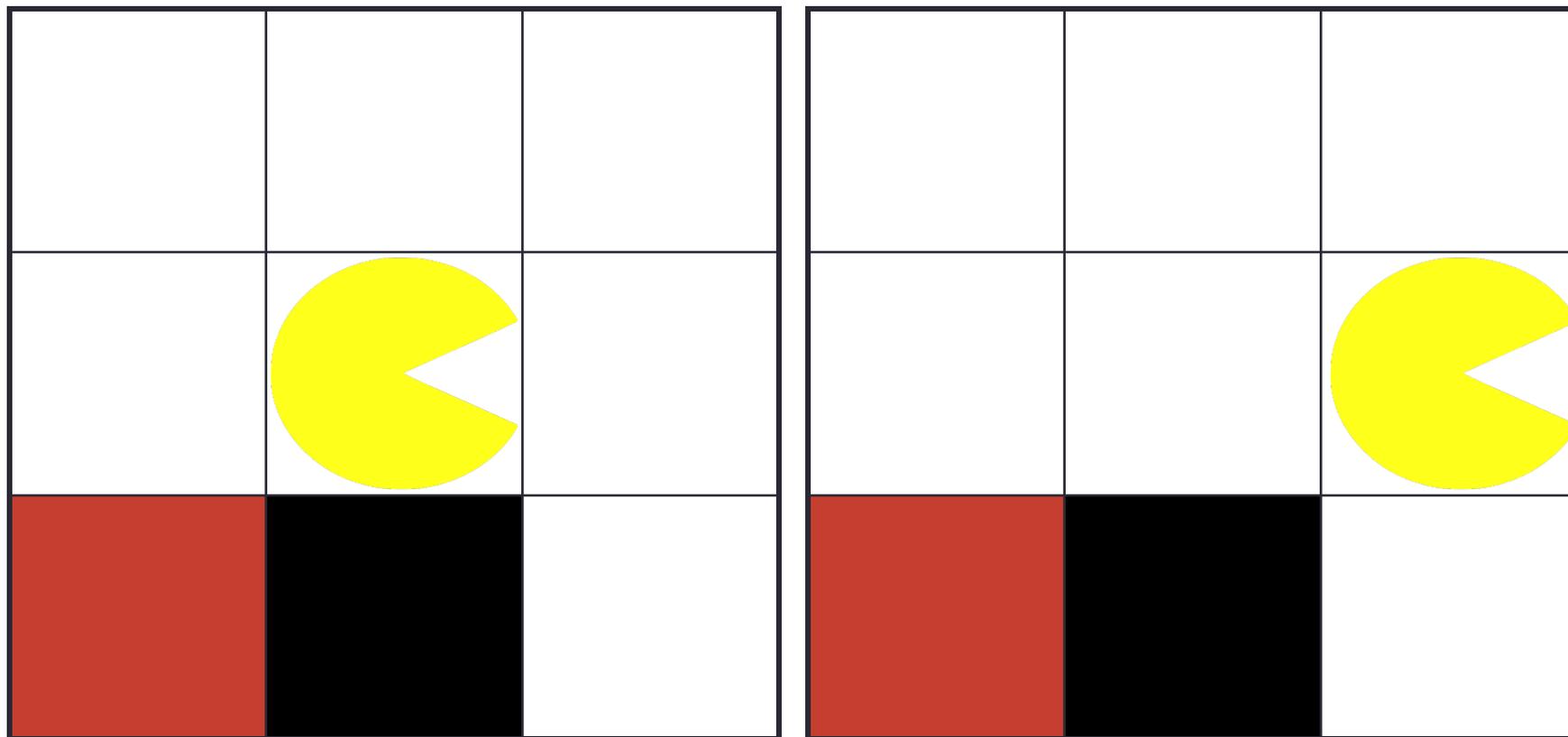
Agente segue paredes

- $\neg p_0 \wedge p_2 \rightarrow \text{Move}$
- $\neg p_2 \wedge p_3 \rightarrow \text{Right}$
- $p_0 \rightarrow \text{Left}$
- $\text{True} \rightarrow \text{Move}$



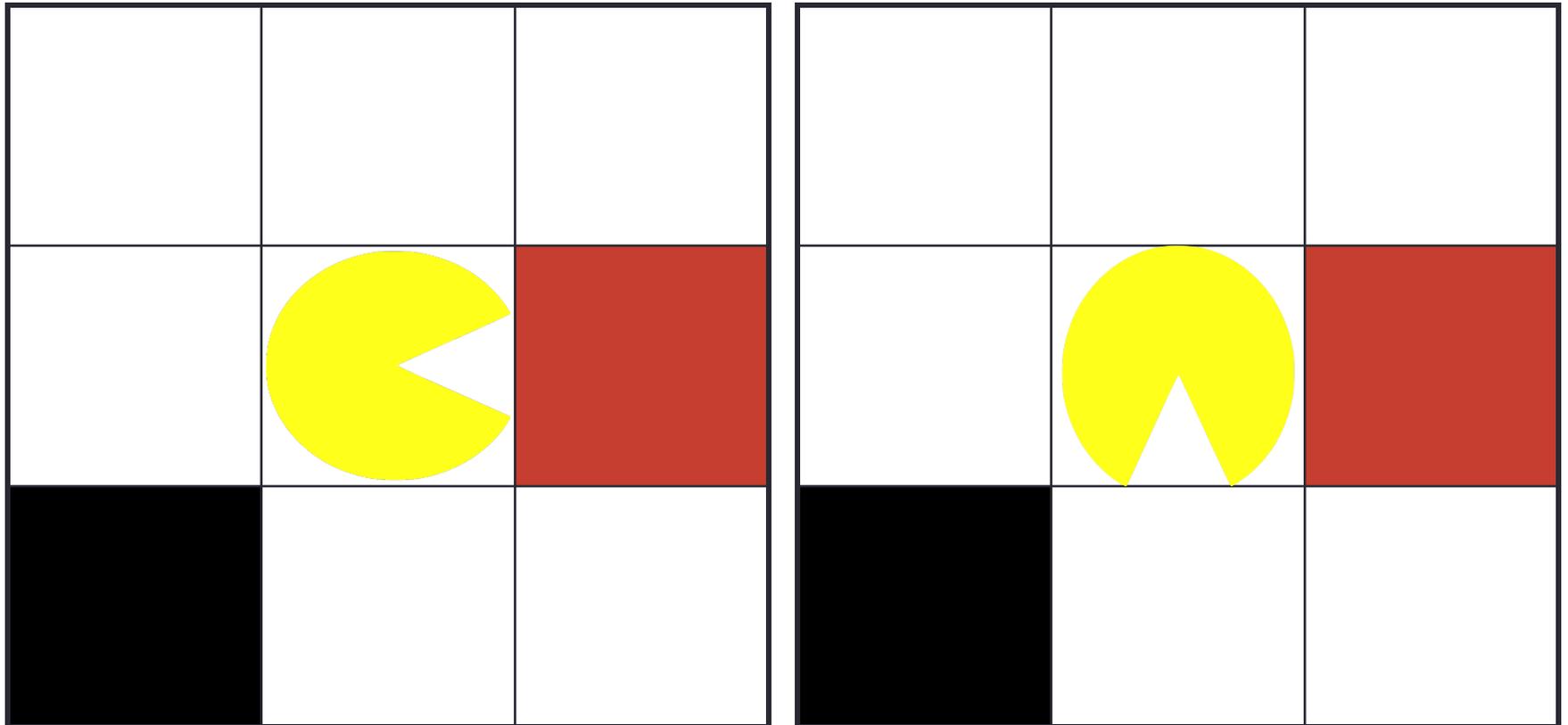
Interpretação das regras

$\neg p_0 \wedge p_2 \rightarrow \text{Move}$



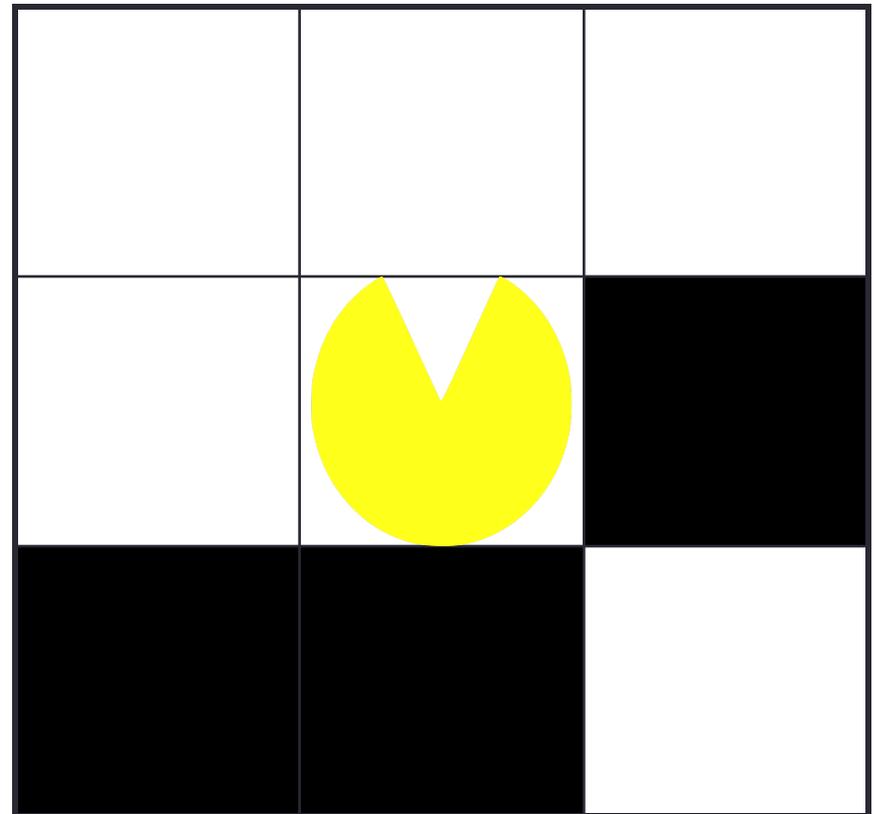
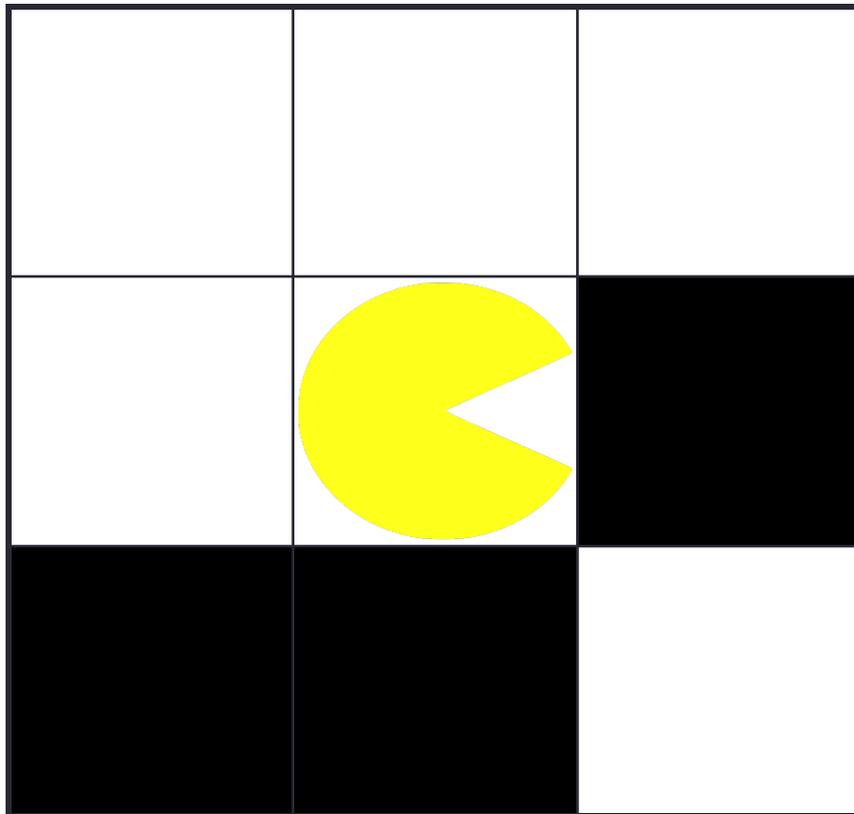
Interpretação das regras

$(p_0 \vee \neg p_2) \wedge (\neg p_2 \wedge p_3) \rightarrow \text{Right}$



Interpretação das regras

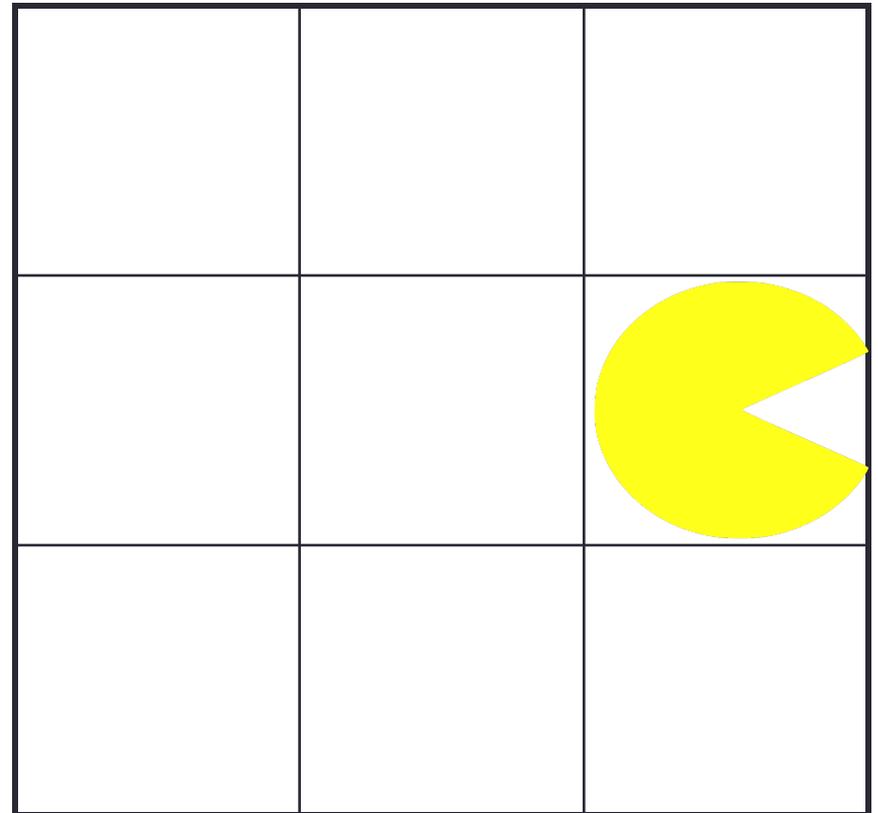
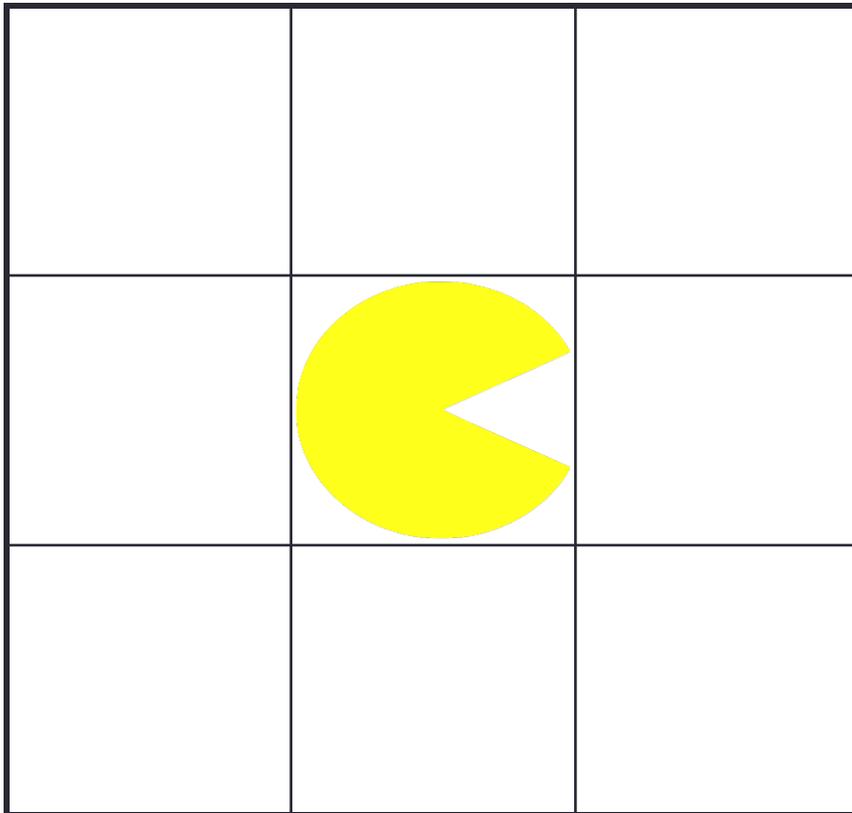
$(p_0 \vee \neg p_2) \wedge (p_2 \vee \neg p_3) \wedge p_0 \rightarrow \text{Left}$



Esta regra pode disparar em duas outras situações. Quais são elas ?

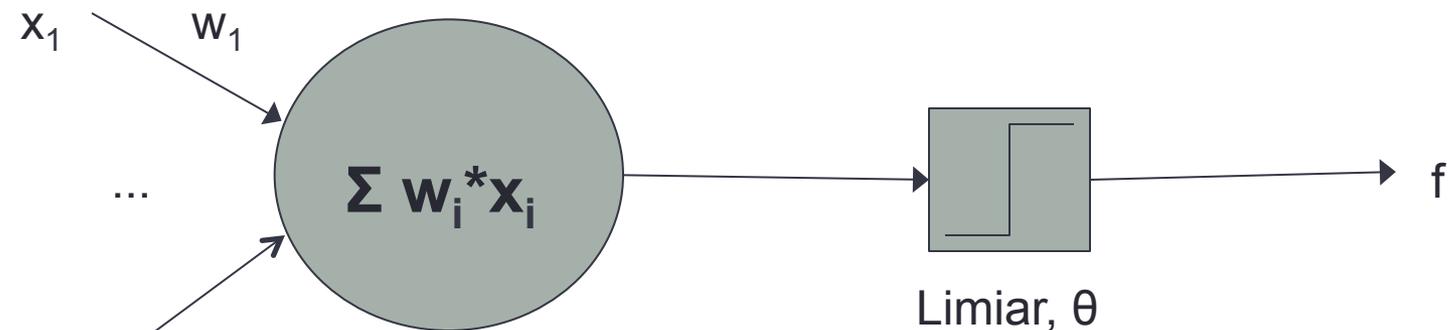
Interpretação das regras

$(p_0 \vee \neg p_2) \wedge (p_2 \vee \neg p_3) \wedge \neg p_0 \rightarrow \text{Move}$



Implementação conexionista

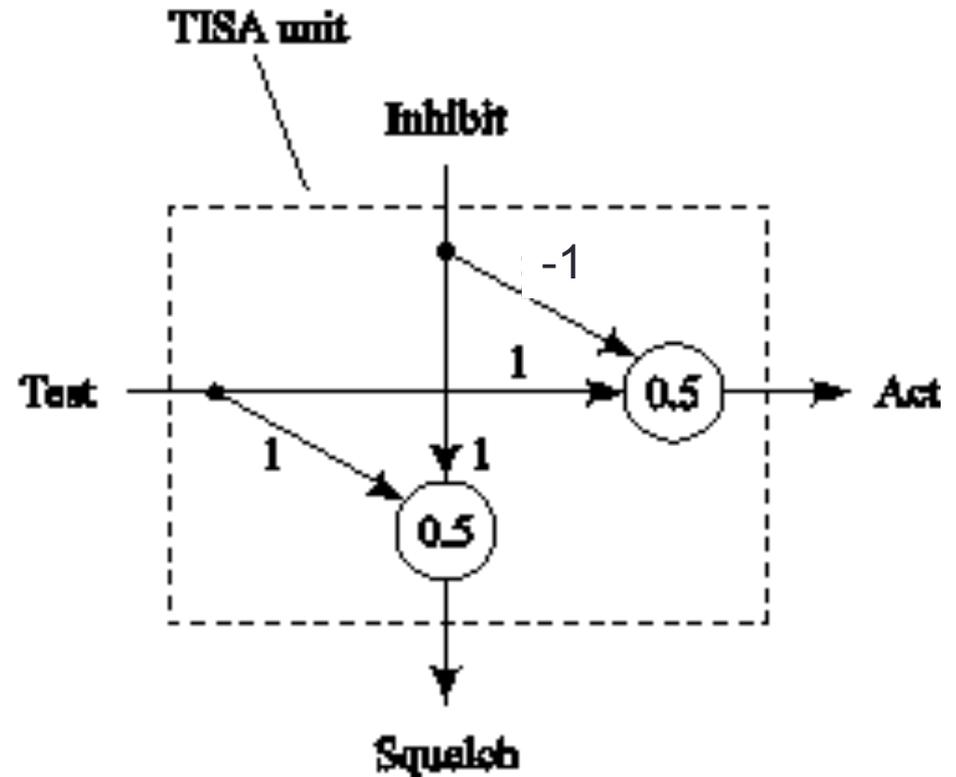
- Os programas teleo-reactivos podem ser facilmente implementados com Threshold Logic Units (Neurónios McCulluch & Pitts)!



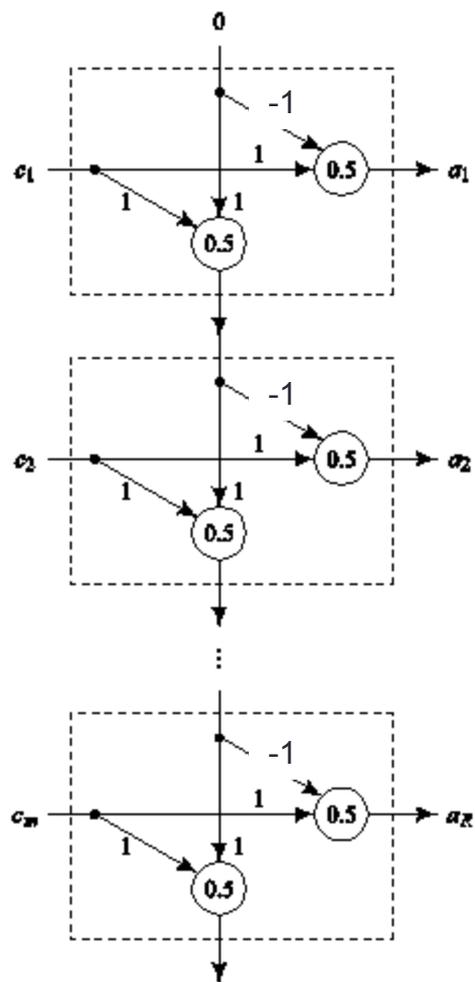
$$f = \begin{cases} 1 & \text{se } \sum w_i * x_i \geq \theta \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Solução de Katz (TISAs)

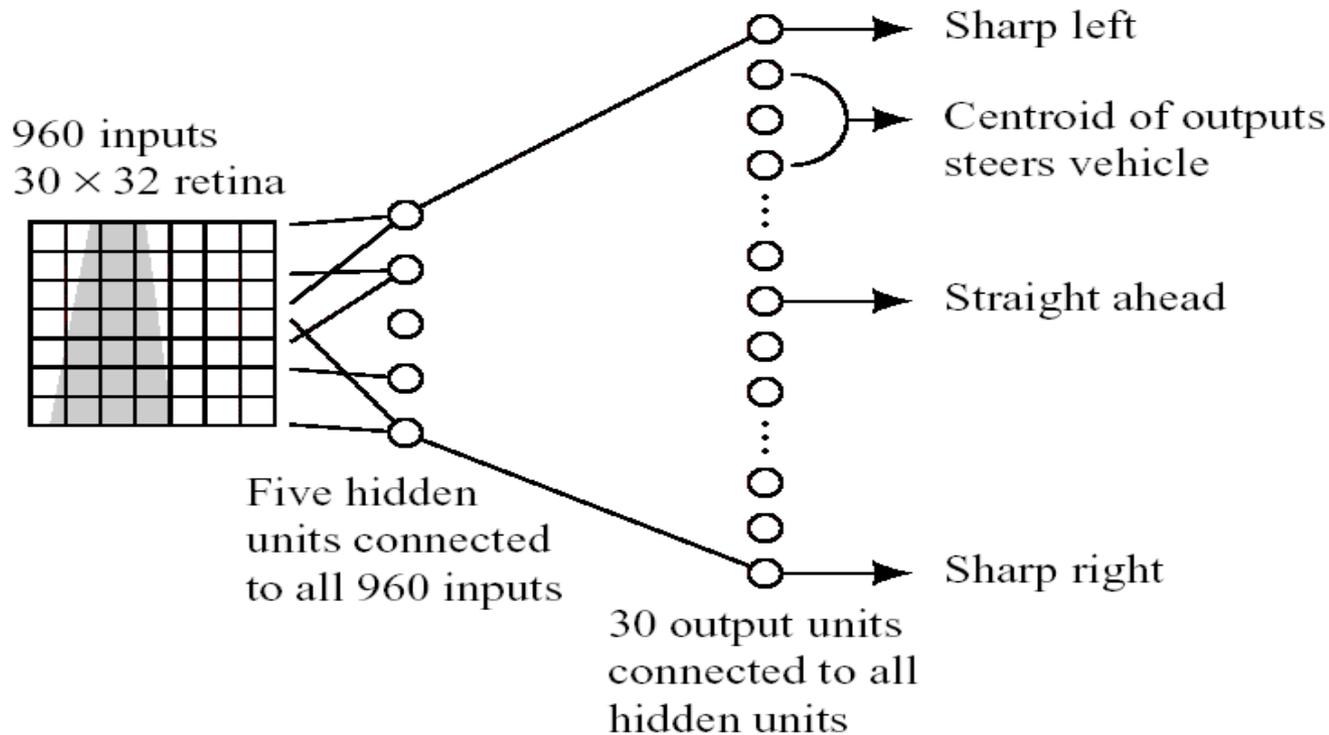
- Unidades TISA
 - Testar
 - Inibir
 - Silenciar
 - Actuar



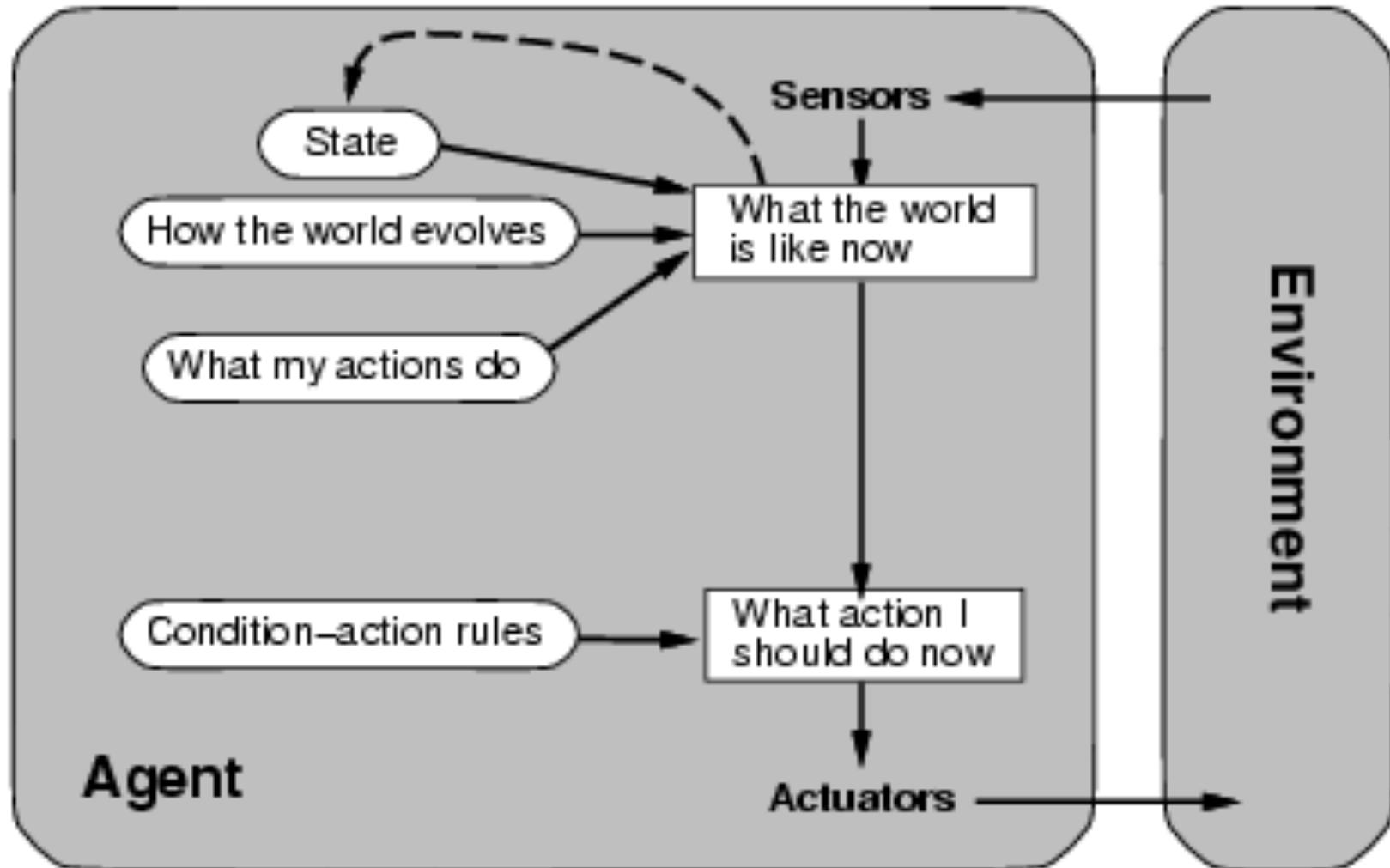
Encadeamento de TISAs



Autonomous Land Vehicle In a Neural Network (ALVINN)



Agente Reactivo com Estado

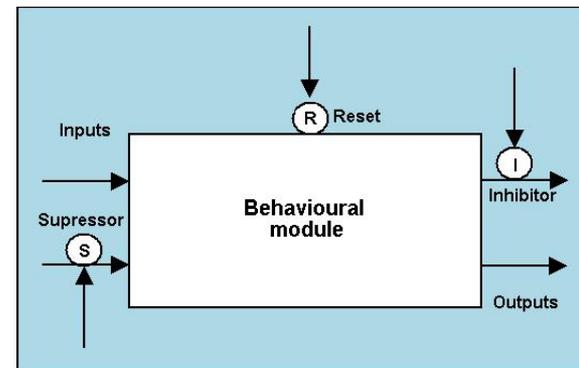


Agente Reactivo com Estado

```
function AGENTE-REACTIVO-COM-ESTADO([percepção]) returns
acção
  static: estado, uma descrição do estado actual do mundo
         regras, um conjunto de regras condição-acção
         acção, a acção mais recente, inicialmente nenhuma
  estado ← ACTUALIZA-ESTADO(estado,acção,percepção)
  regra ← ESCOLHE-REGRA(estado,regras)
  acção ← ACÇÃO-REGRA[regra]
  return acção
```

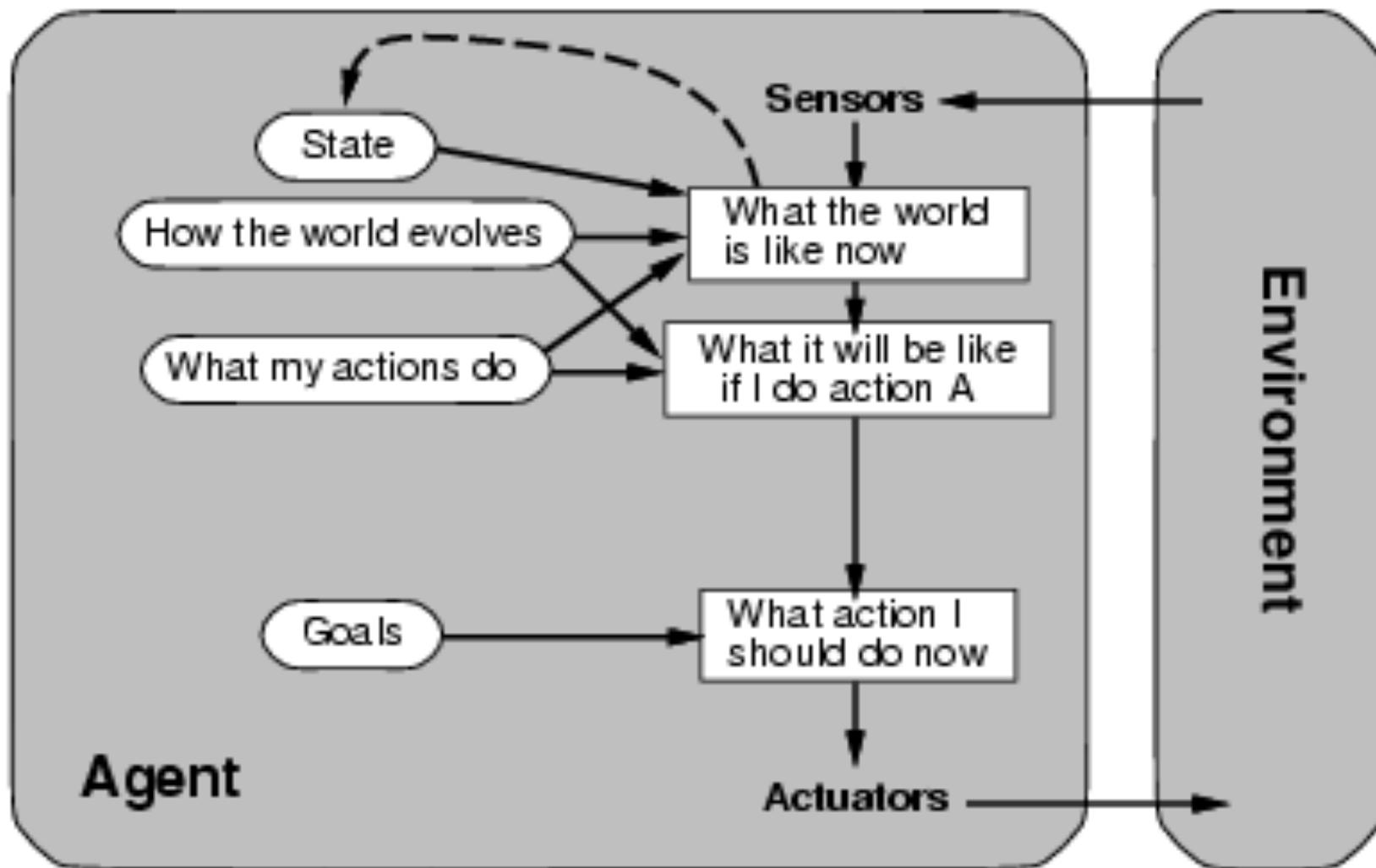
Arquitetura de subordinação (Brooks)

- Baseada na combinação de AFSM (Augmented Finite State Machines)



[Vídeo \[gengis-short.mov\]](#)

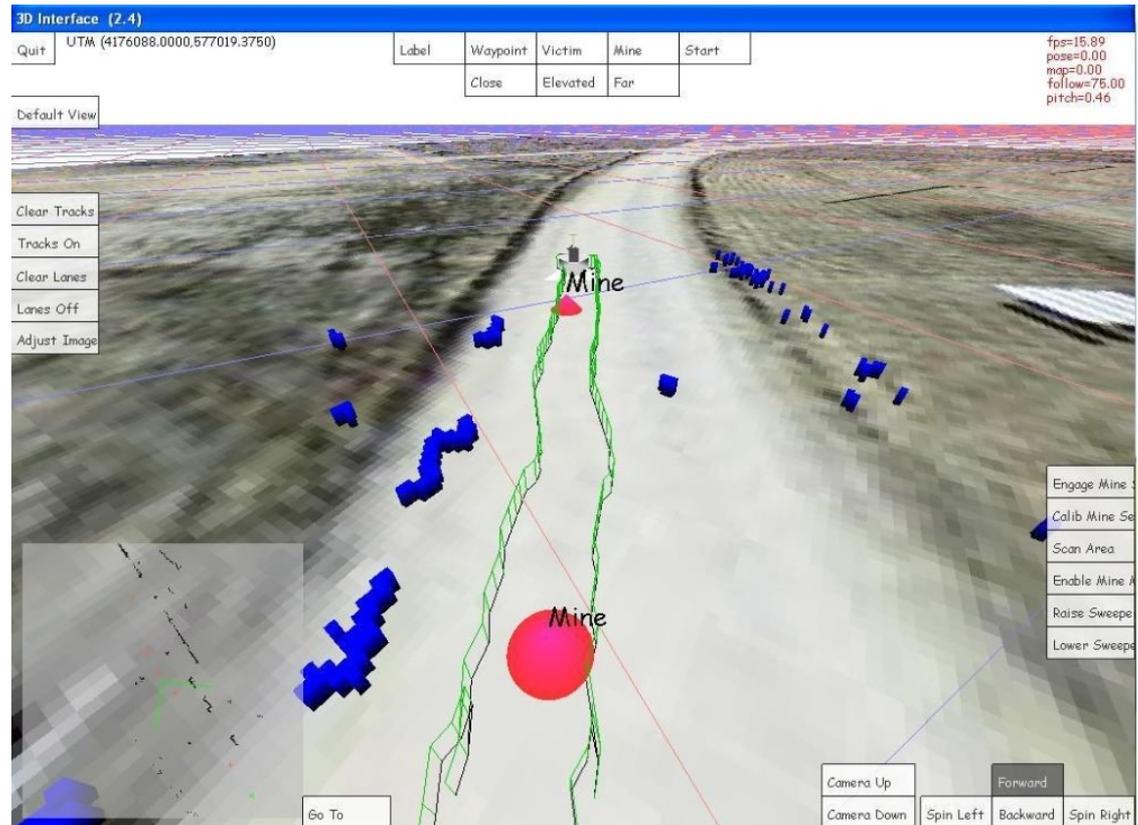
Agente guiado por objetivos



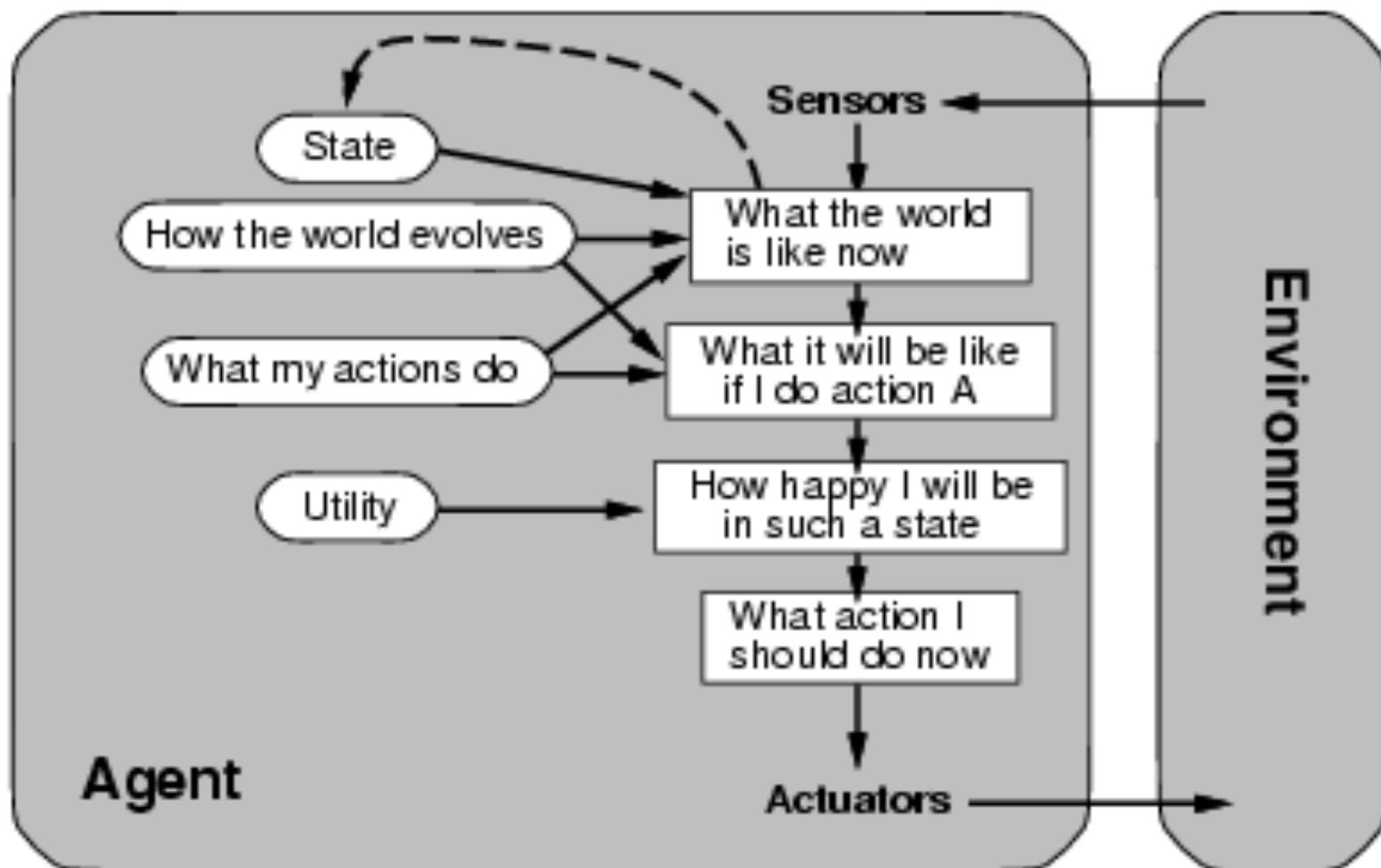
Encontrar e marcar minas



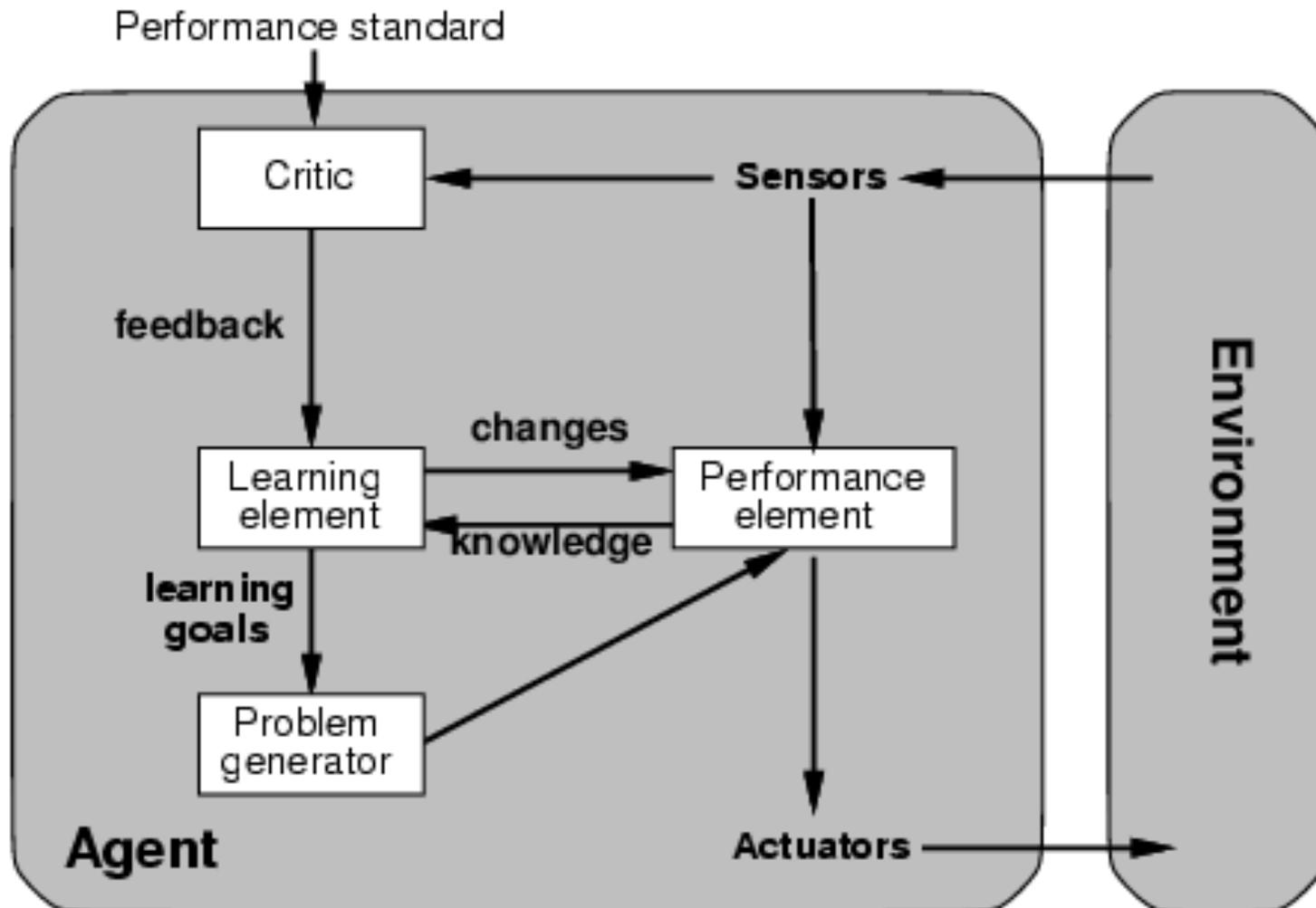
[Vídeo \[uvgdemo.avi\]](#)



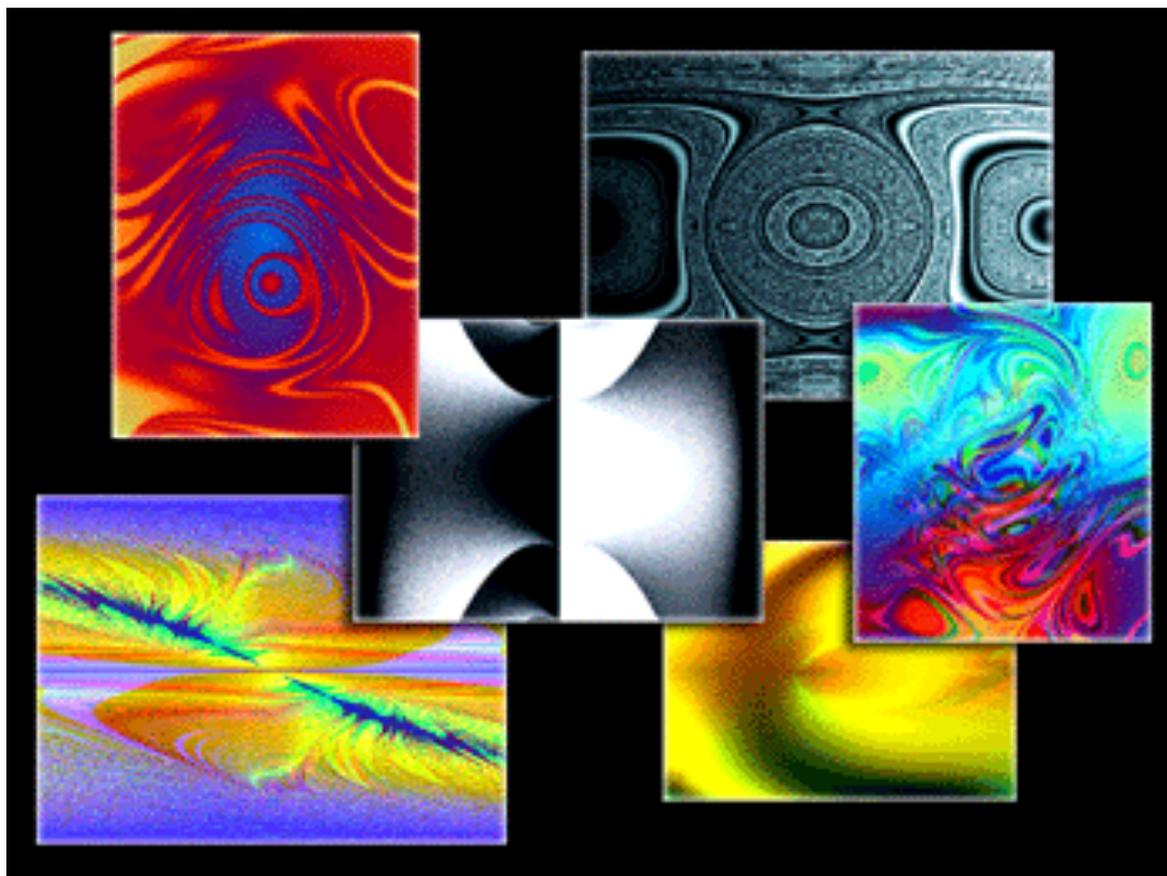
Agente guiado por utilidade



Agentes aprendizes



Neuro Evolutionary Art (NEvAr)



Universidade de Coimbra

Representações internas dos agentes

- Atômica (sem estrutura interna)
 - "Caixa negra" utilizada nos algoritmos de procura, jogos, modelo oculto de Markov, processos de decisão de Markov
- Factorizada (com um número fixo de atributos atômicos)
 - Satisfação de restrições, lógica proposicional, redes Bayesianas e algoritmos de aprendizagem
- Estruturada (com relações entre objetos)
 - Bases de dados relacionais e lógica de primeira ordem, modelos probabilísticos de primeira ordem, aprendizagem baseada em conhecimento

Links a explorar

- The Robot Hall of Fame (<http://www.robothalloffame.org/>)
- Teleo-Reactive Programs (<http://ai.stanford.edu/users/nilsson/trweb/tr.html>)
- Materiais de Ensino de Derek Bridge (<http://www.cs.ucc.ie/~dgb/courses/ai/lectures.html>)
- TRSoccerBots (<http://www.trsoccerbots.org/features.php>)
- Sistema ALVINN (http://www.ri.cmu.edu/projects/project_160.html)
- Genghis (<http://www.ai.mit.edu/projects/genghis/genghis.html>)
- Minas terrestres (Idaho National Laboratory) (<http://www.inl.gov/adaptiverobotics/findinglandmines/>)
- Chinook (<http://www.cs.ualberta.ca/~chinook/>)
- Agentes Artistas – Universidade de Coimbra (<http://eden.dei.uc.pt/~machado/NEvAr/Site.htm>)