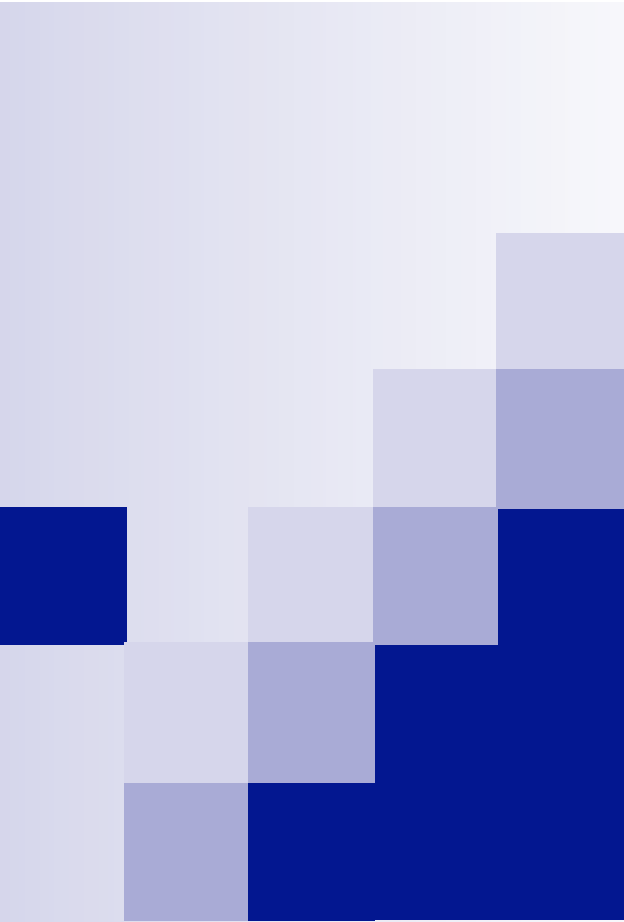
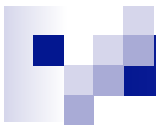




# Agentes Inteligentes

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



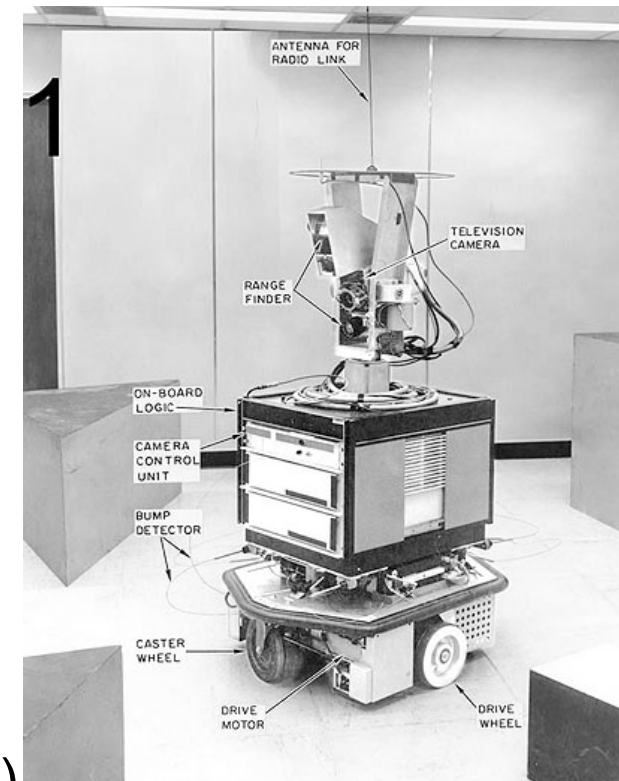
# Resumo da matéria

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

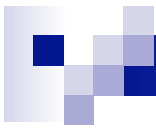
# Agentes



- Um agente é qualquer entidade que percebe 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.



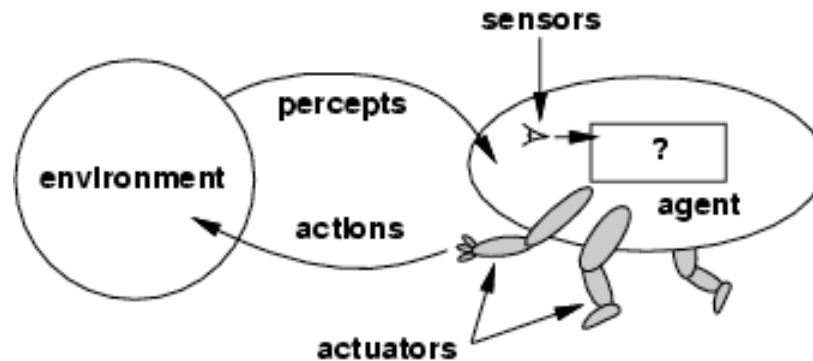
[Shakey \(SRI International\)](#)  
[Vídeo](#)



# 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:

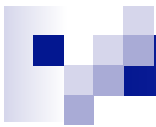
$$[acção: P^* \rightarrow \mathcal{A}]$$

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



# Visão sistémica

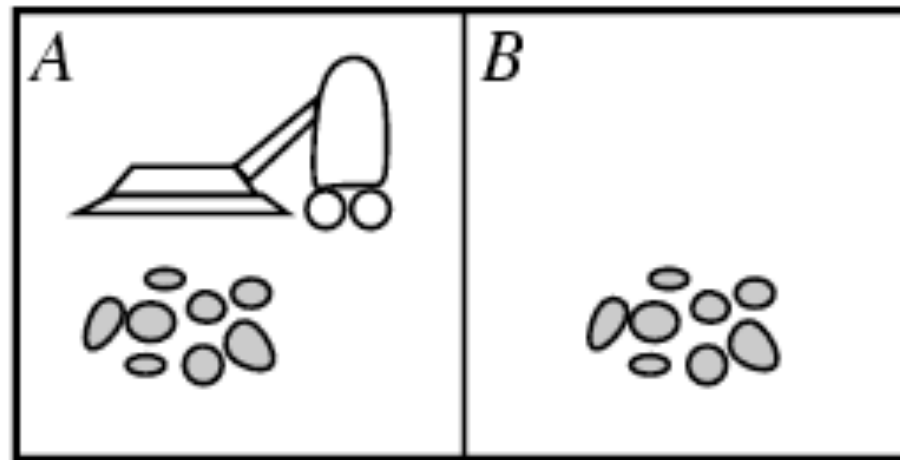
- Ambientes caracterizam-se por conjunto de estados  $\mathcal{E}$
- Ambientes sofrem transições não deterministas  
 $[ambiente: \mathcal{E} \times \mathcal{A} \rightarrow 2^{\mathcal{E}}]$
- Agente é constituído por duas funções  
 $[percepção: \mathcal{E} \rightarrow \mathcal{P}]$   
 $[acção: \mathcal{P}^*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



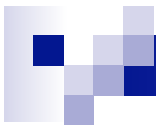
# Propriedades dos agentes

- **Racionalidade**
  - Maximiza o seu desempenho em função da informação disponível
- **Reactividade**
  - Responde em tempo útil a mudanças do ambiente
- **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*



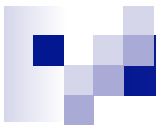
# Um programa aspirador

| 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?



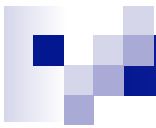
# Agentes racionais

- 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



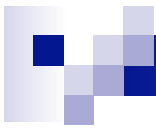
# O aspirador...

- Medida de desempenho para o aspirador:
  - quantidade de sujidade 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)



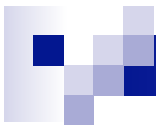
# Definição de agente racional

- 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  $\neq$  onisciência (tudo saber)
- Racionalidade  $\neq$  clarividência (tudo prever)
- Racionalidade  $\neq$  bem sucedido
- Racionalidade pressupõe
  - Obtenção de informação e exploração
  - Aprendizagem
  - Autonomia



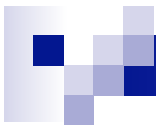
# PEAS

- PEAS: Performance measure, Environment, Actuators, Sensors
- Deve-se especificar completamente a situação no desenho de um agente inteligente



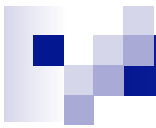
# PEAS (Táxi Automático)

- 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



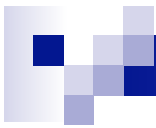
# PEAS (Diagnóstico Médico)

- 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)



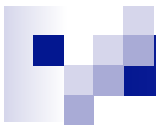
# PEAS (Seleccção de peças)

- 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



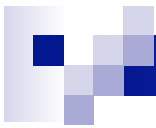
# PEAS (Tutor interactivo de Inglês)

- 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 nunca de ações anteriores.



# Tipos de ambientes

- **Estático** (vs. dinâmico)

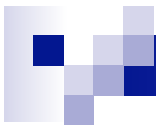
- ☐ O ambiente não se altera enquanto o agente delibera
- ☐ O ambiente é **semi-dinâmico** quando o ambiente não se altera com a passagem do tempo, ao contrário da medida de desempenho

- **Discreto** (vs. contínuo)

- ☐ Um número limitado de acções e percepções, e claramente definidos.

- **Agente único** (vs. multi-agente)

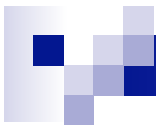
- ☐ Agente a operar sozinho no ambiente.



# 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  |

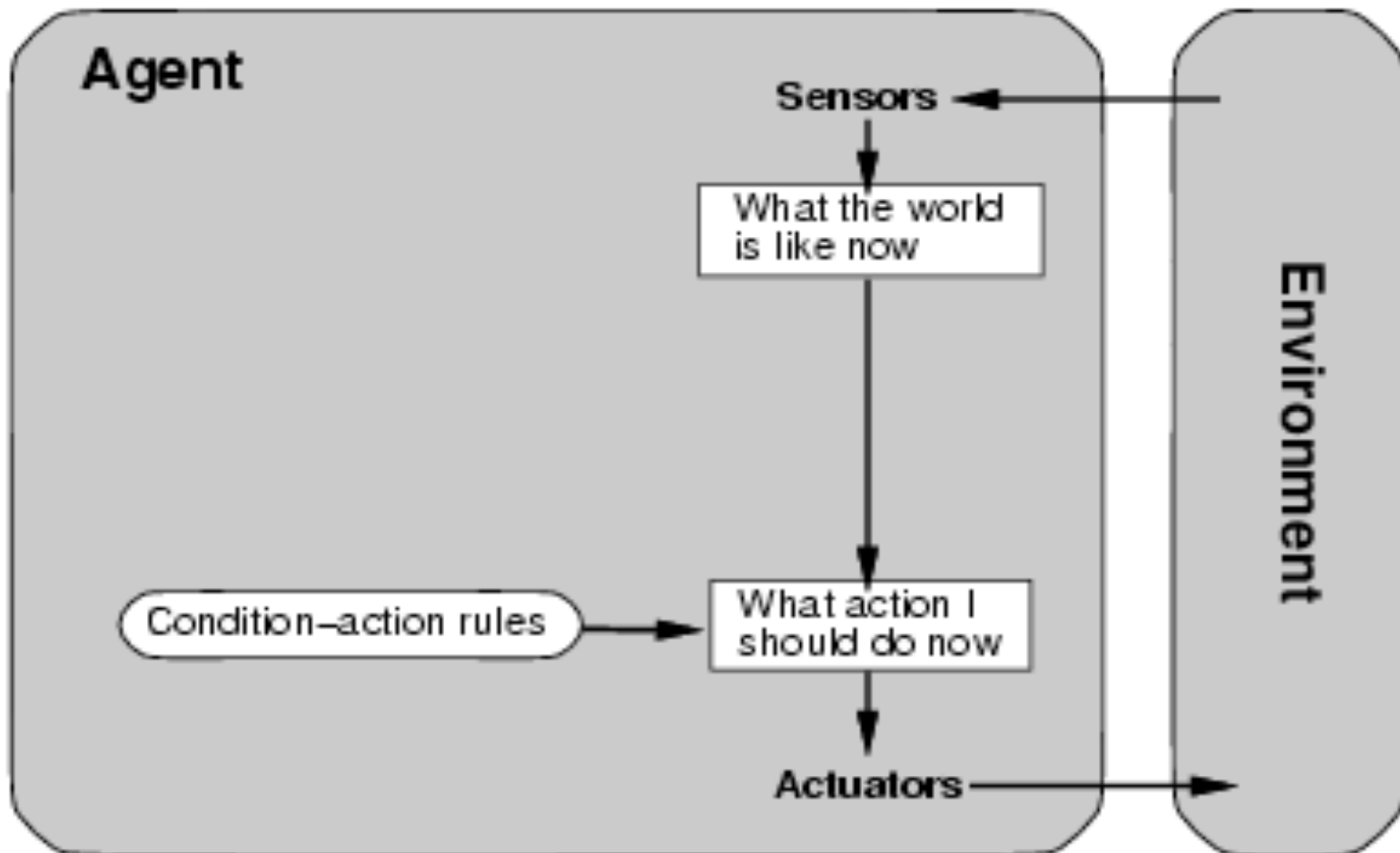
- O tipo de ambiente influencia grandemente o desenho do agente
- A realidade é parcialmente observável, estocástica, sequencial, dinâmica, contínua e multi-agente



# Tipos de agentes

- Quatro tipos de agentes de generalidade crescente:
  - Agente reactivo puro
  - Agente reactivo baseado em modelos
  - Agente deliberativo com objectivo
  - Agente deliberativo com função de utilidade

# Agente reactivo puro





# Programas Teleo-Reactivos (Nilsson)

- Sequência de regras de produção

- $c_1 \rightarrow a_1$

- $c_2 \rightarrow a_2$

- ...

- $c_n \rightarrow a_n$

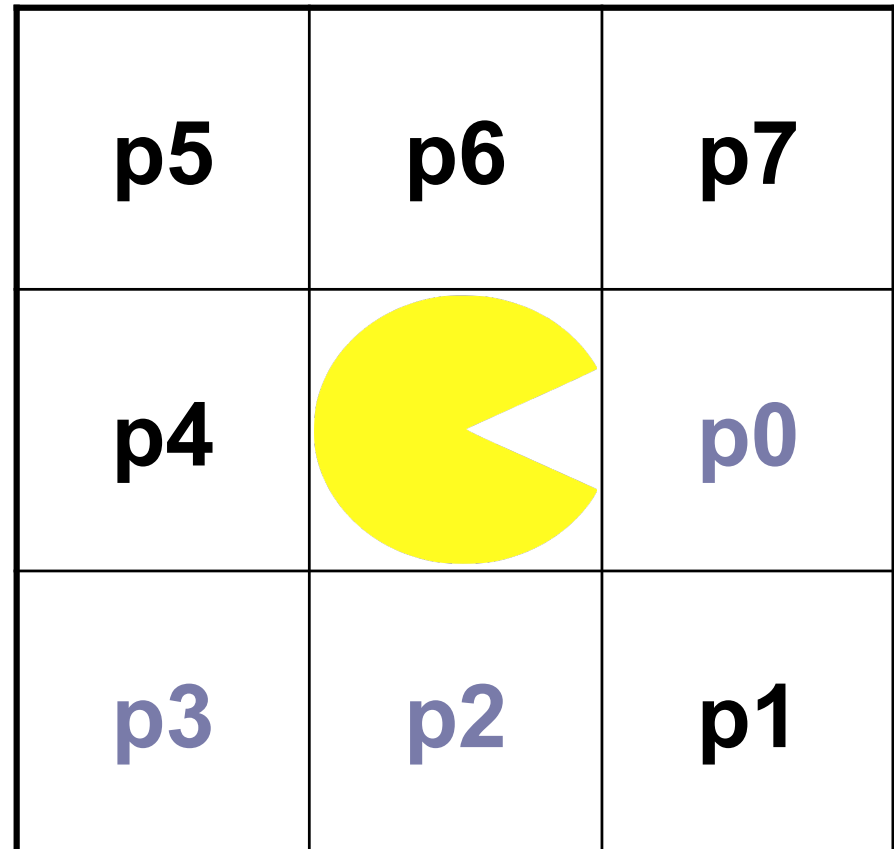
- Condições  $c_1, \dots, c_n$  são conjunções de proposições booleanas

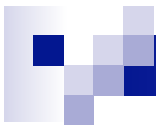
- Acções  $a_1, \dots, a_n$  são acções a executar

- Executa-se a primeira regra cuja condição é verdadeira

# Agente segue paredes

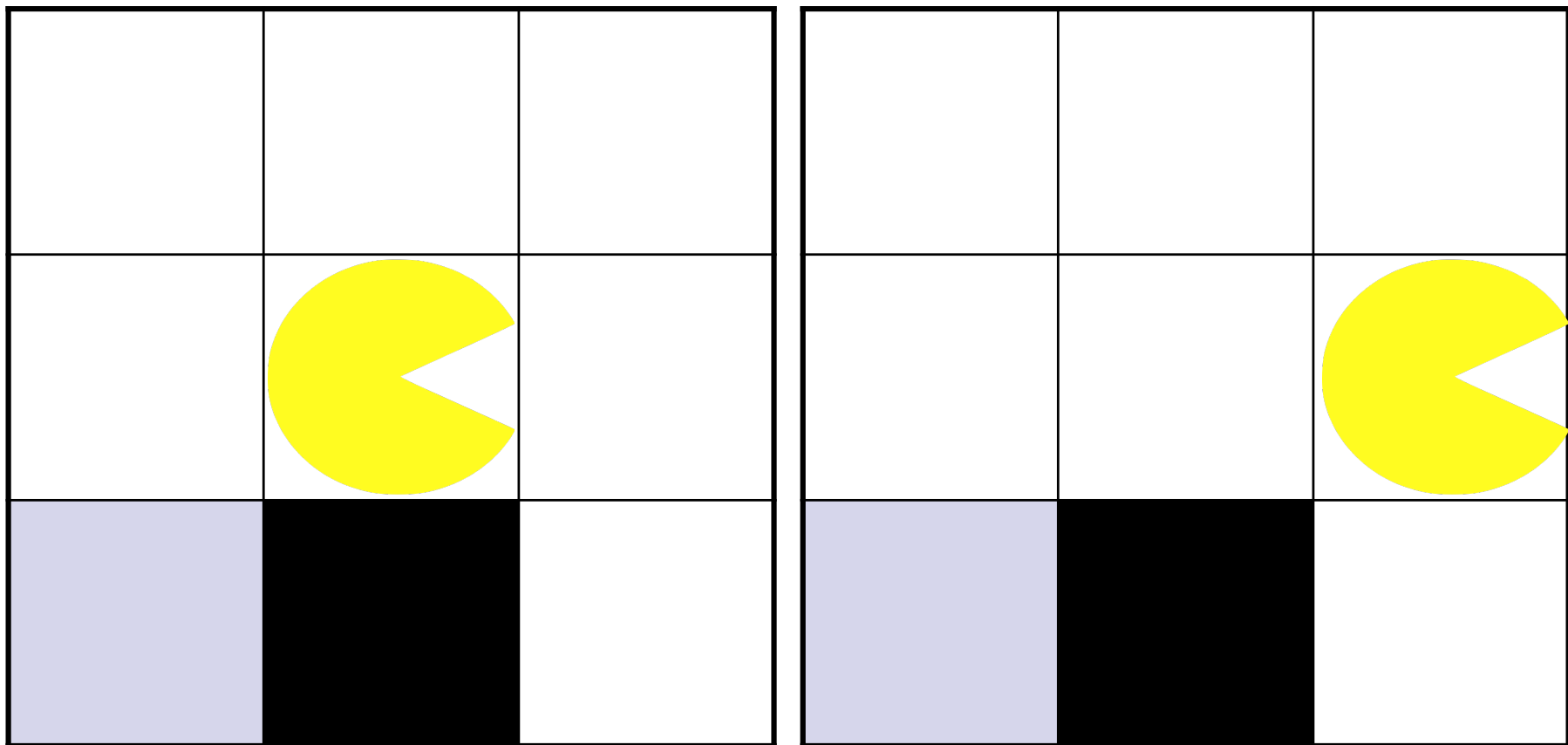
- $\neg p0 \wedge p2 \rightarrow \text{Move}$
- $\neg p2 \wedge p3 \rightarrow \text{Right}$
- $p0 \rightarrow \text{Left}$
- $\text{True} \rightarrow \text{Move}$

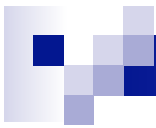




# Interpretação das regras

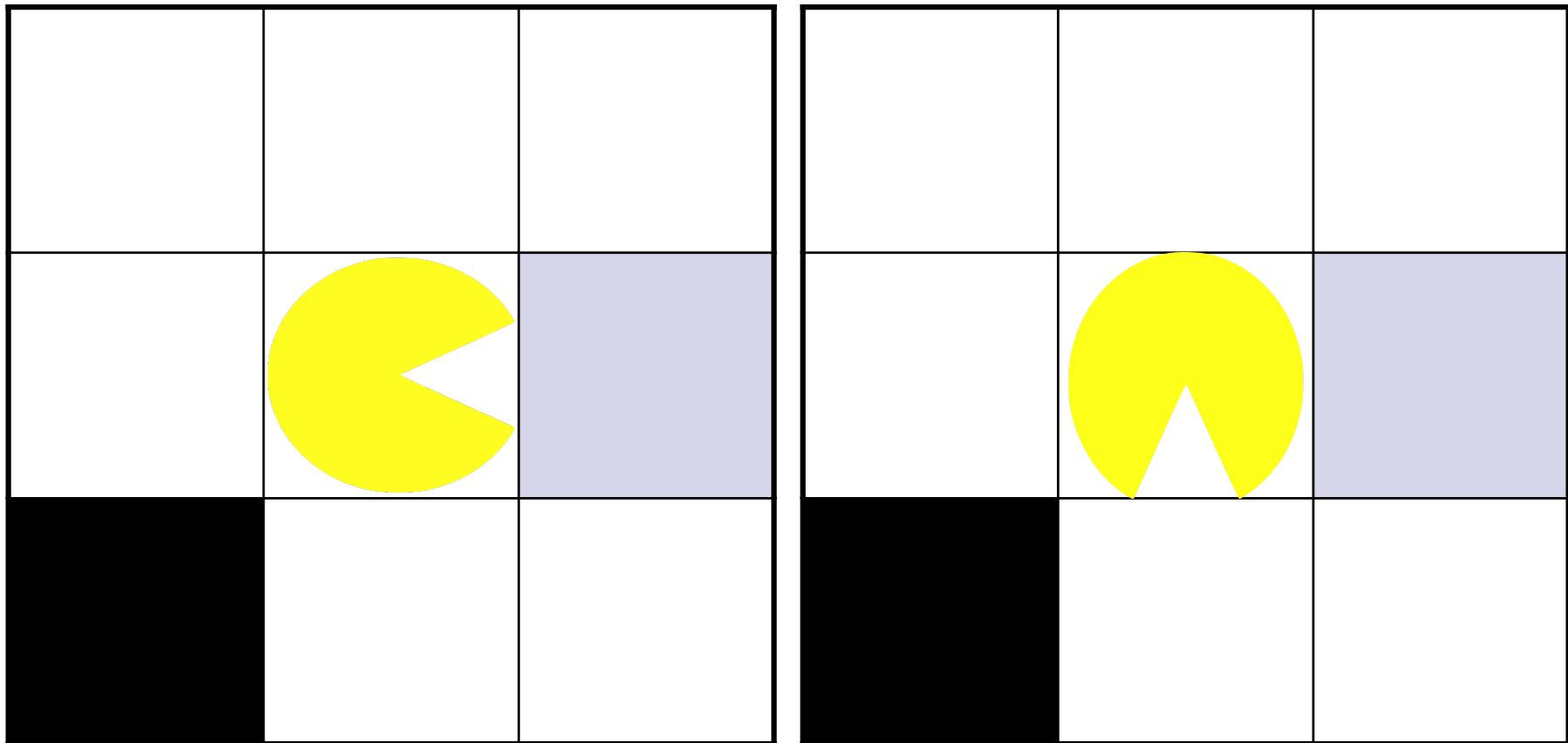
$\neg p0 \wedge p2 \rightarrow \text{Move}$

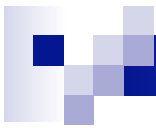




# Interpretação das regras

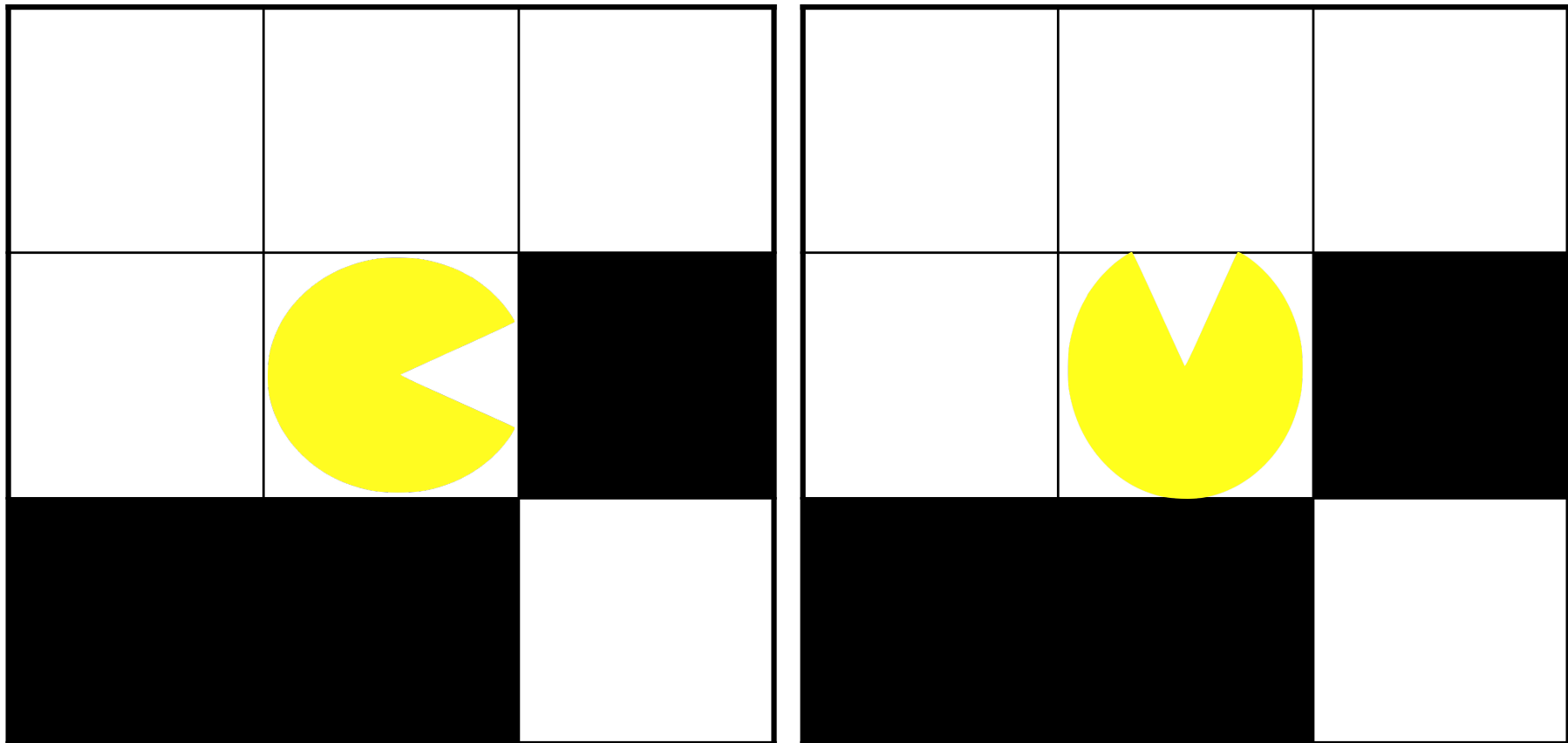
$$(p0 \vee \neg p2) \wedge (\neg p2 \wedge p3) \rightarrow \text{Right}$$



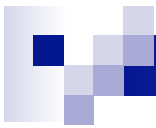


# Interpretação das regras

$$(p0 \vee \neg p2) \wedge (p2 \vee \neg p3) \wedge p0 \rightarrow \text{Left}$$

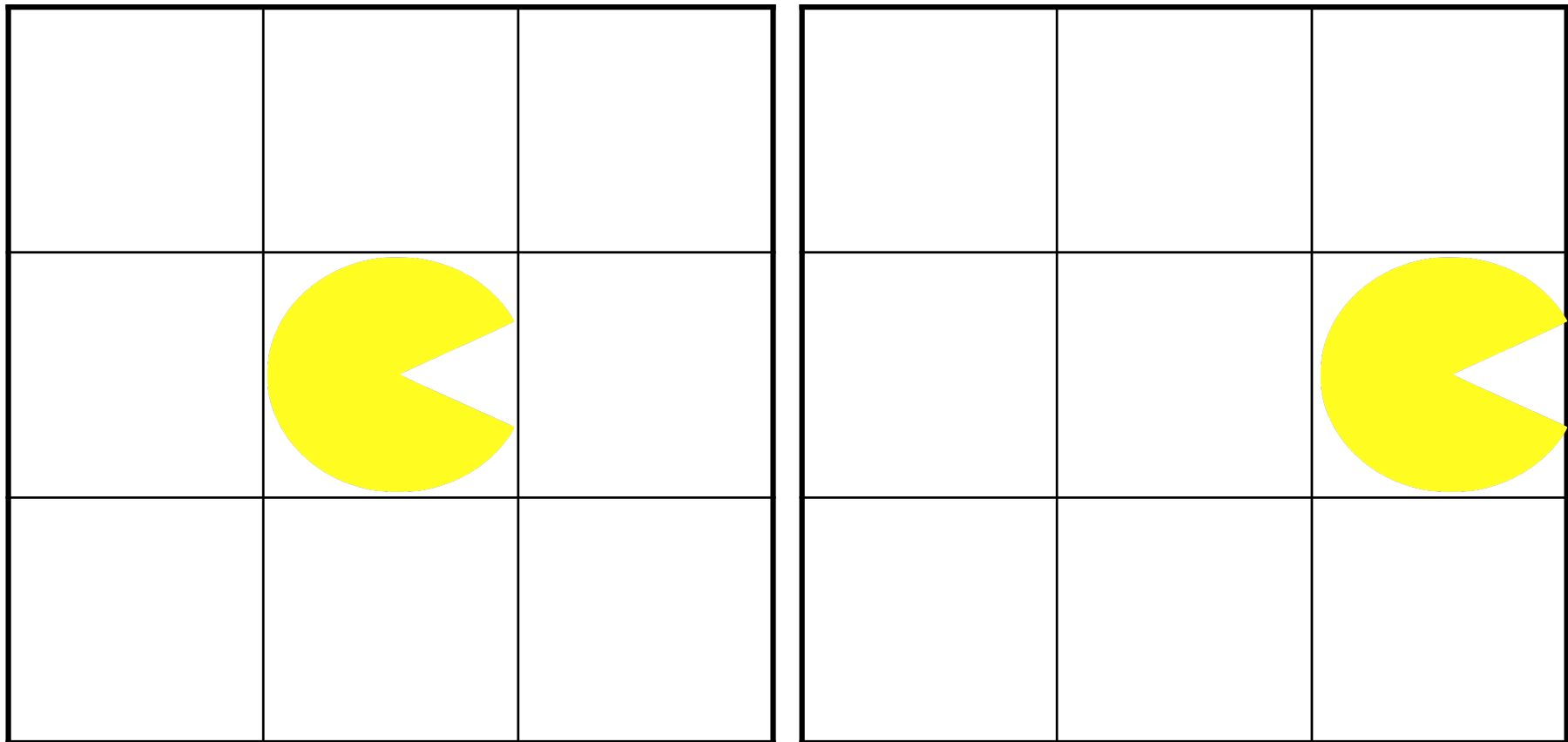


Esta regra pode disparar em duas outras situações. Quais são elas ?



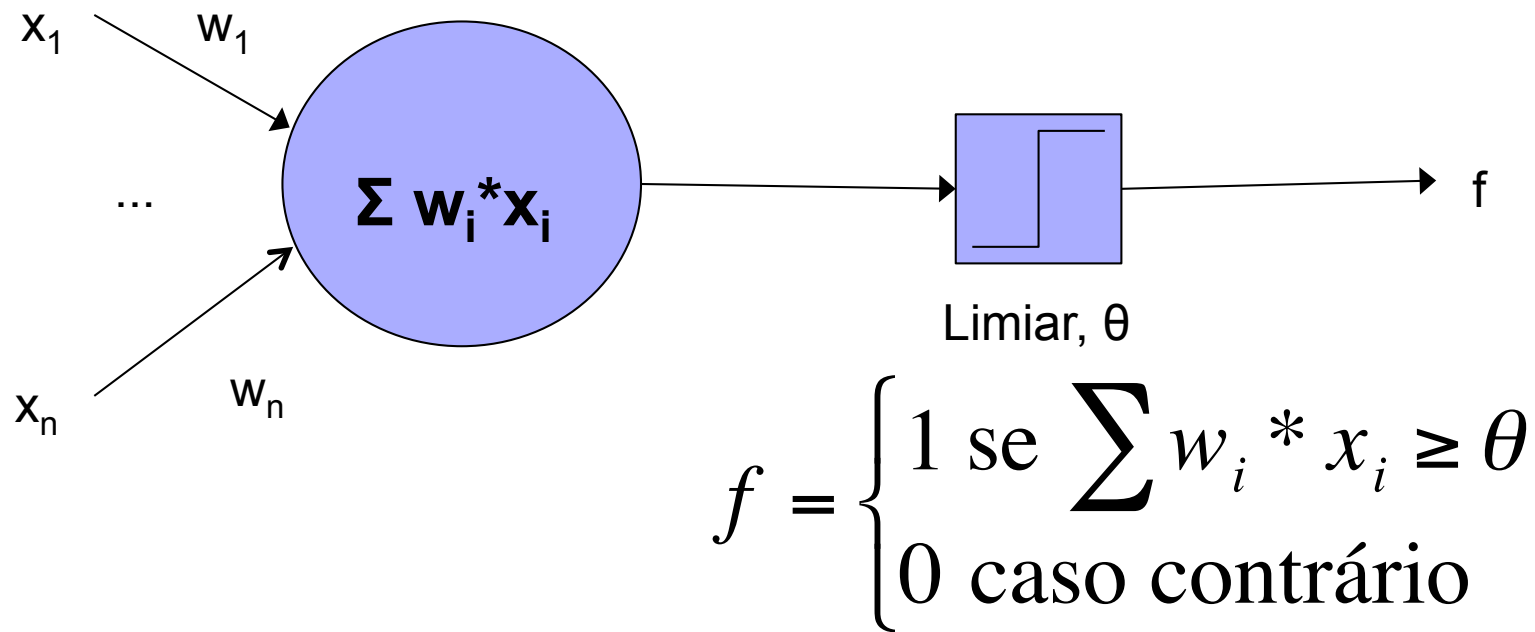
# Interpretação das regras

$(p0 \vee \neg p2) \wedge (p2 \vee \neg p3) \wedge \neg p0 \rightarrow \text{Move}$



# Implementação conexcionista

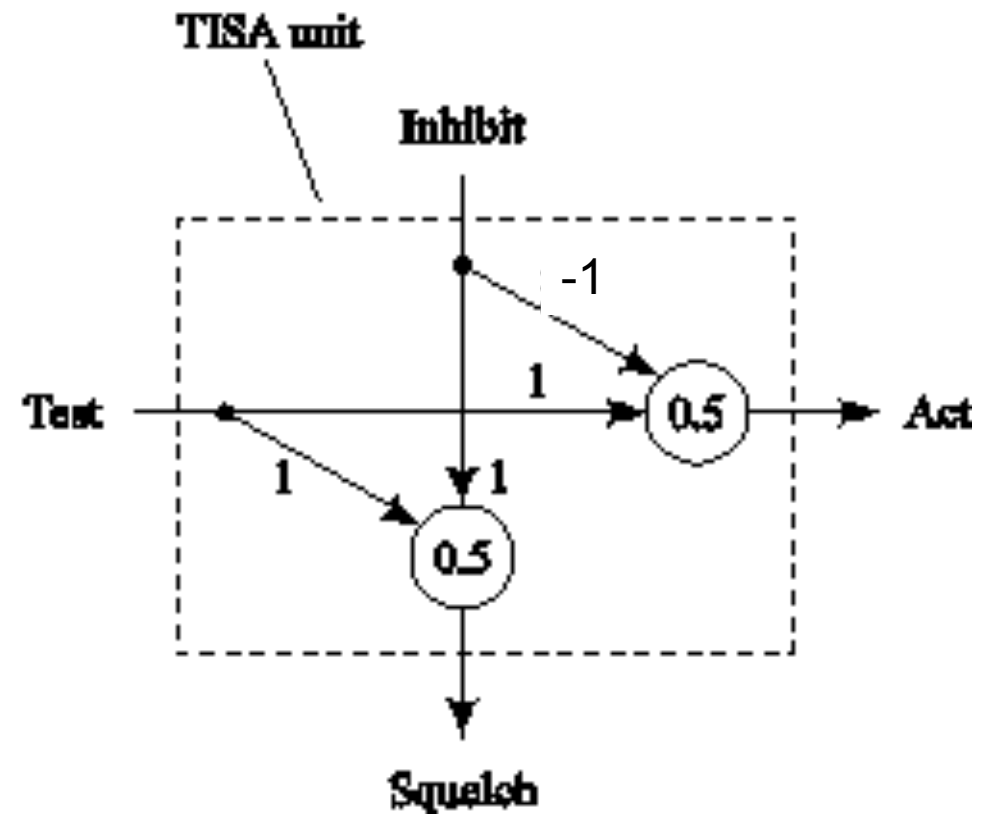
- Os programas teleo-reactivos podem ser facilmente implementados com Threshold Logic Units (Neurónios McCulluch & Pitts)!



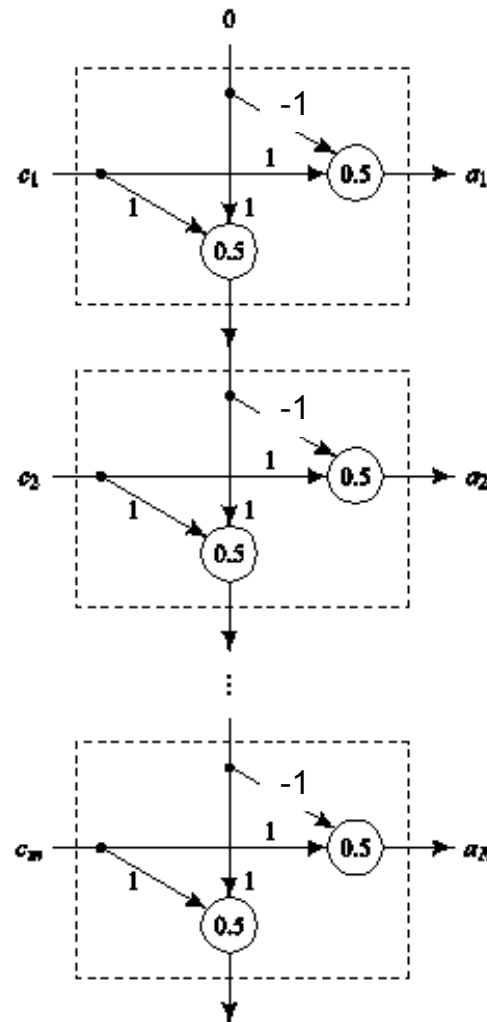
# Solução de Katz (TISAs)

## ■ Unidades TISA

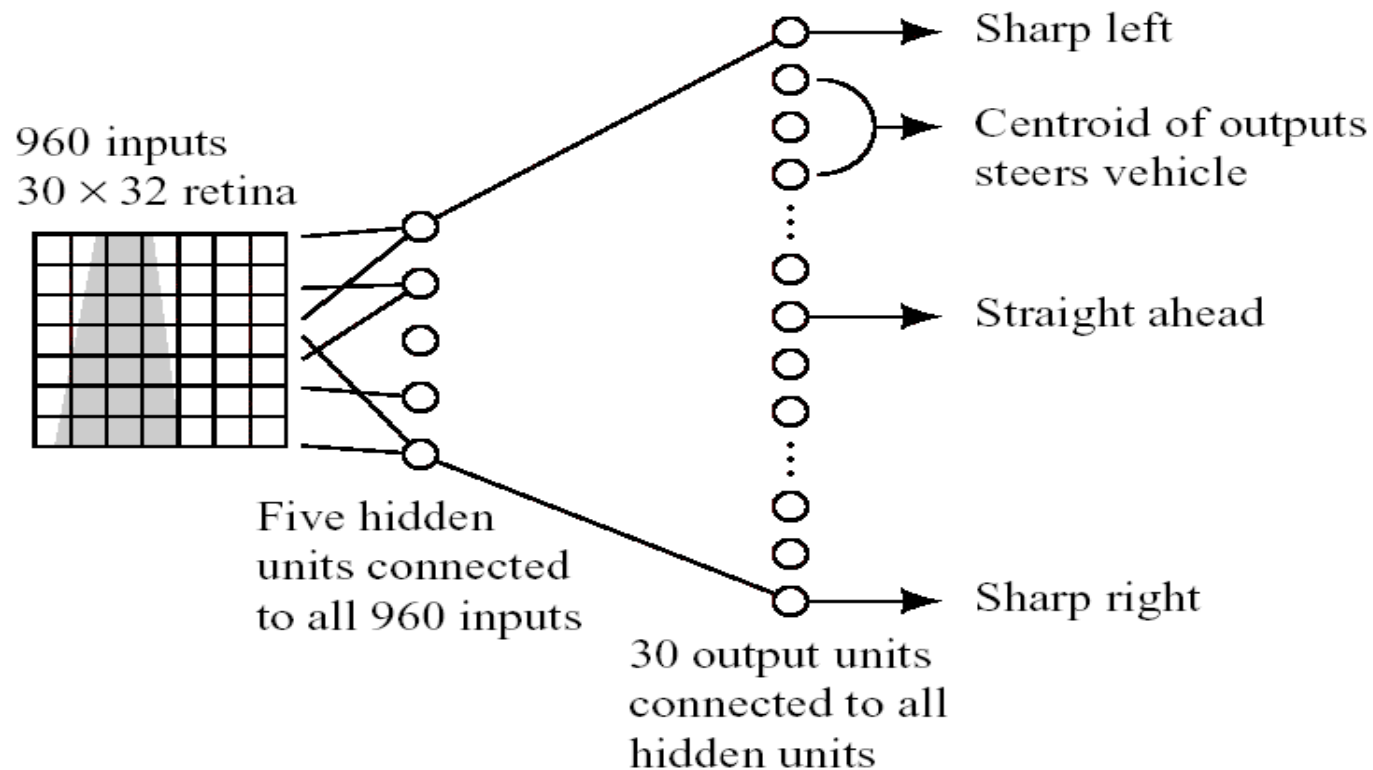
- ☐ Testar
- ☐ Inibir
- ☐ Silenciar
- ☐ Actuar



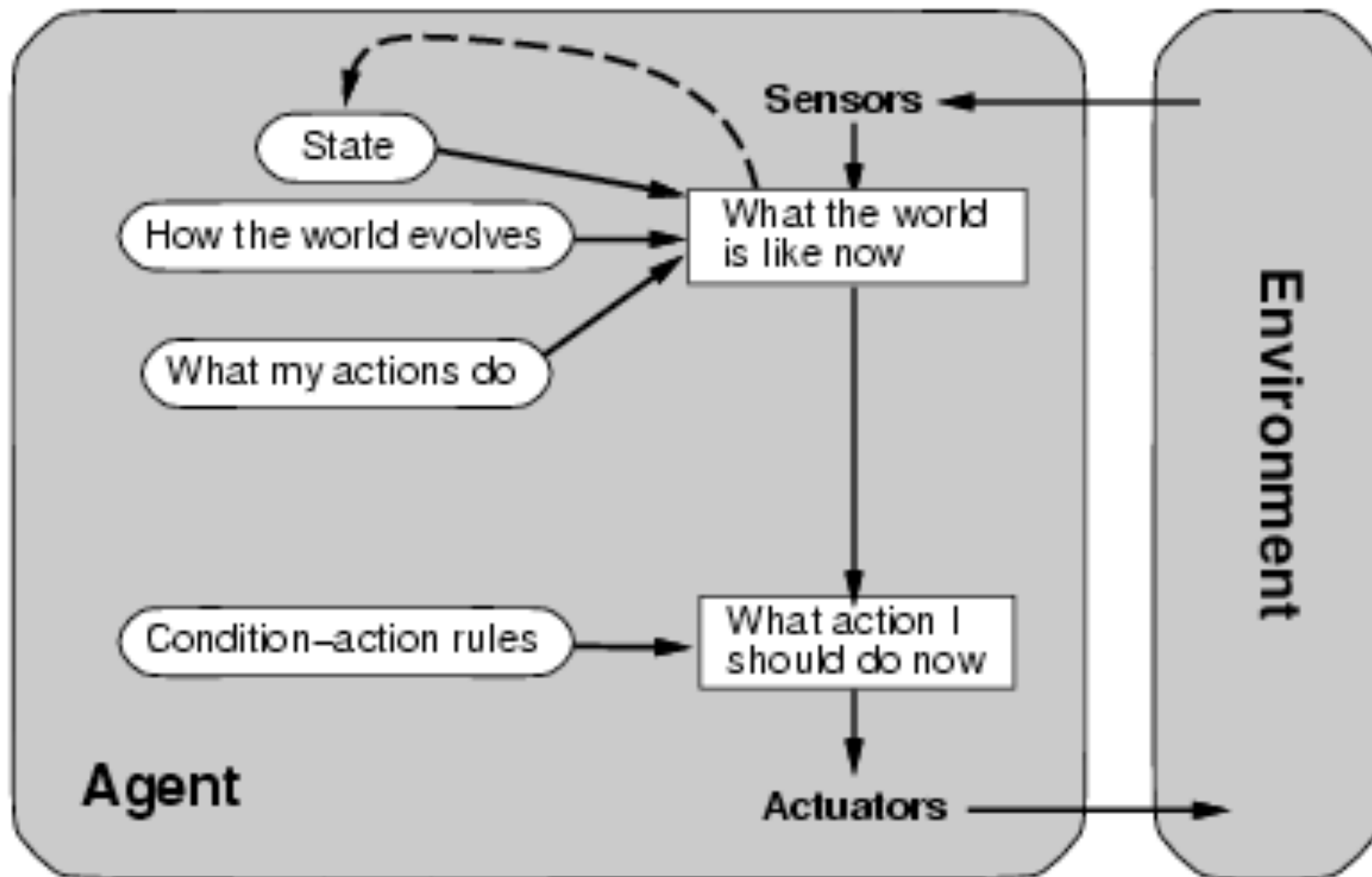
# Encadeamento de TISAs



# Autonomous Land Vehicle In a Neural Network (ALVINN)

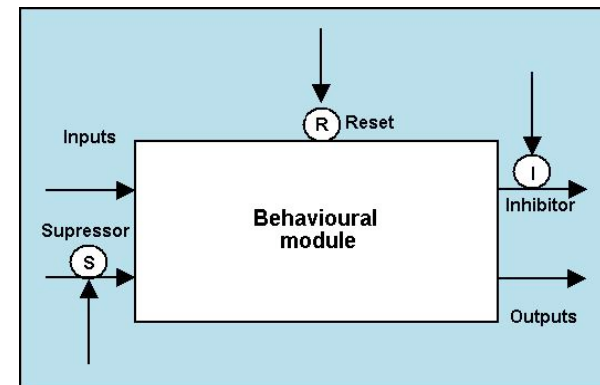


# Agente reactivo baseado em modelos



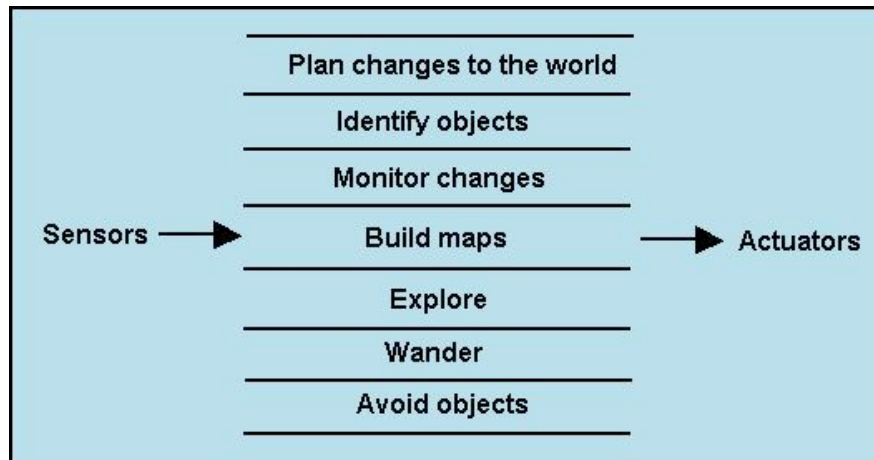
# Arquitectura de subordinação (Brooks)

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

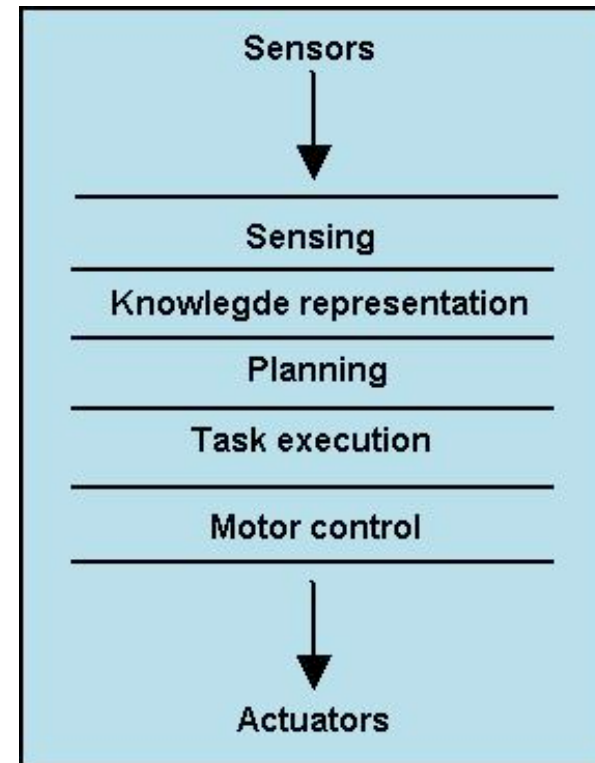


Vídeo [[gengis-short.mov](http://gengis-short.mov)]

# Comparação das arquiteturas

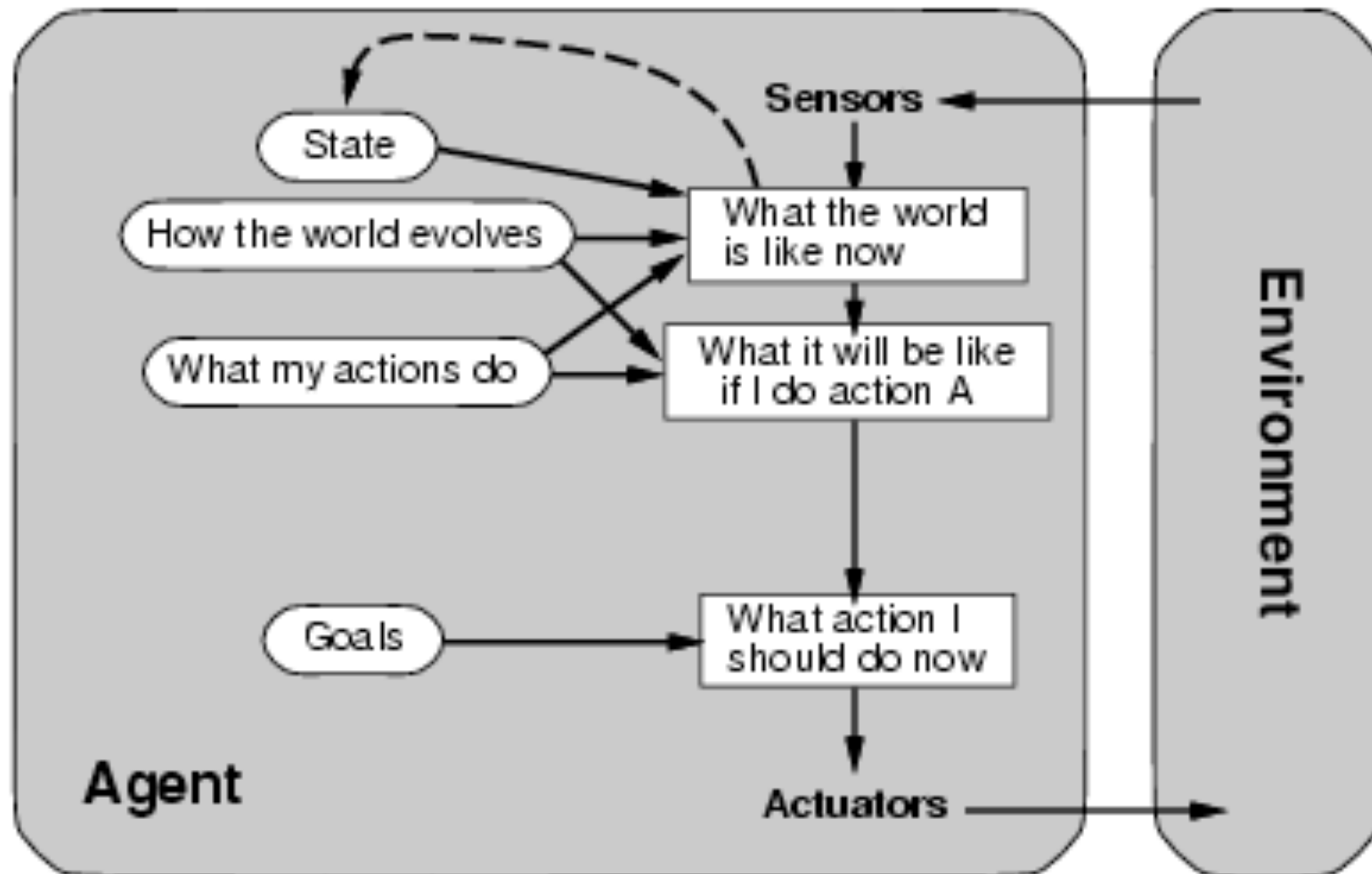


Arquitetura de Brooks



Arquitetura clássica

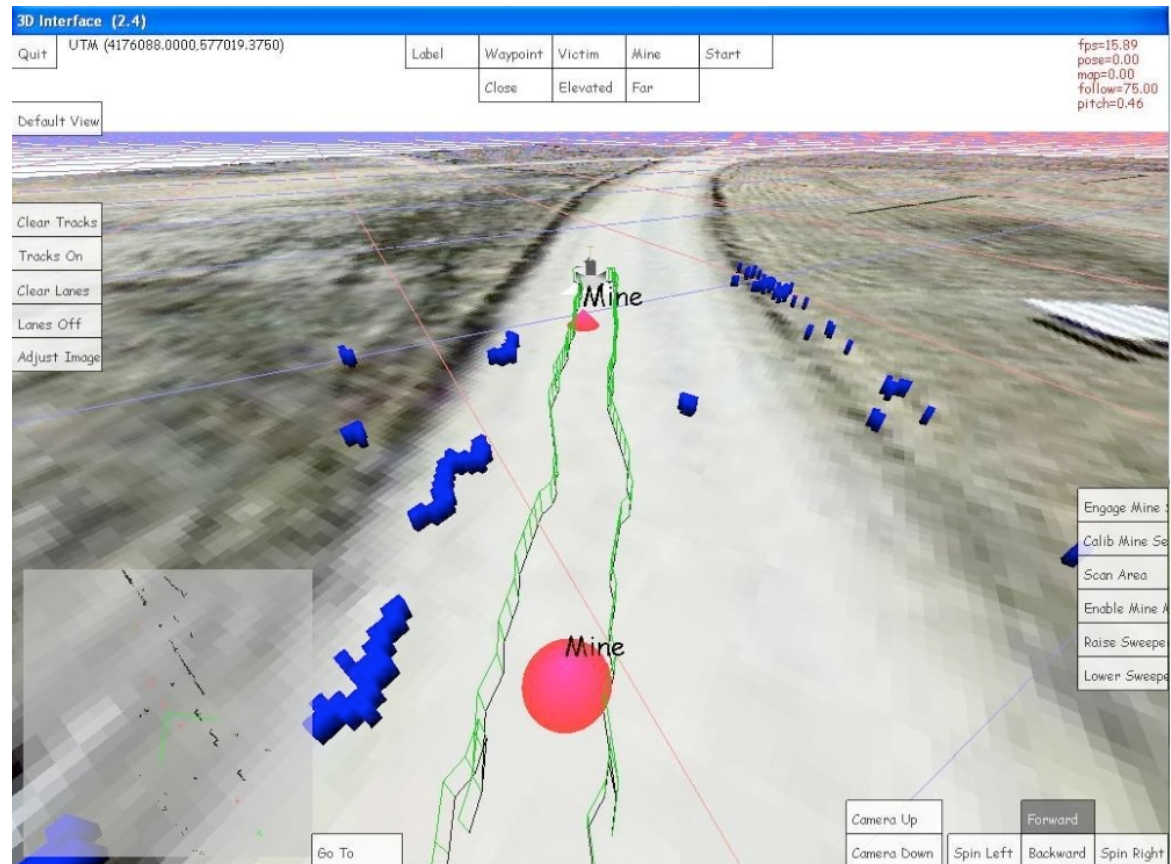
# Agente deliberativo com objetivo



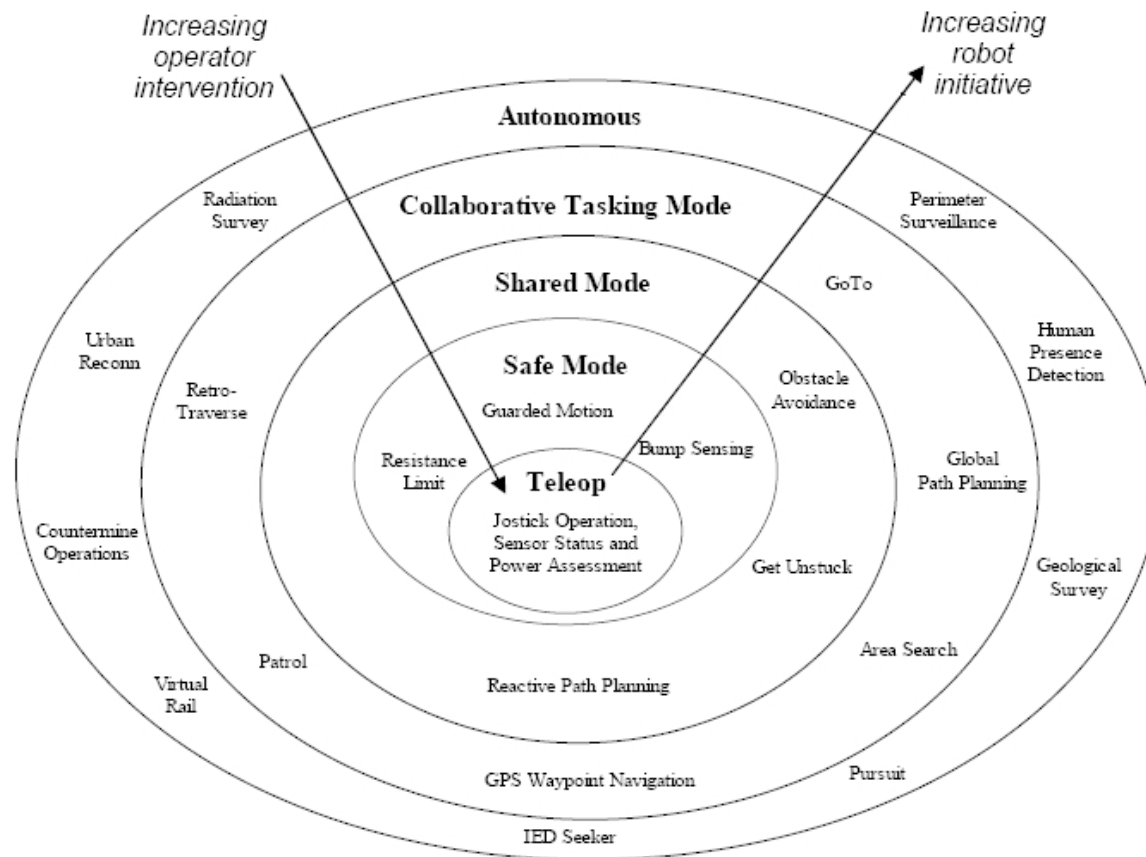
# Encontrar e marcar minas



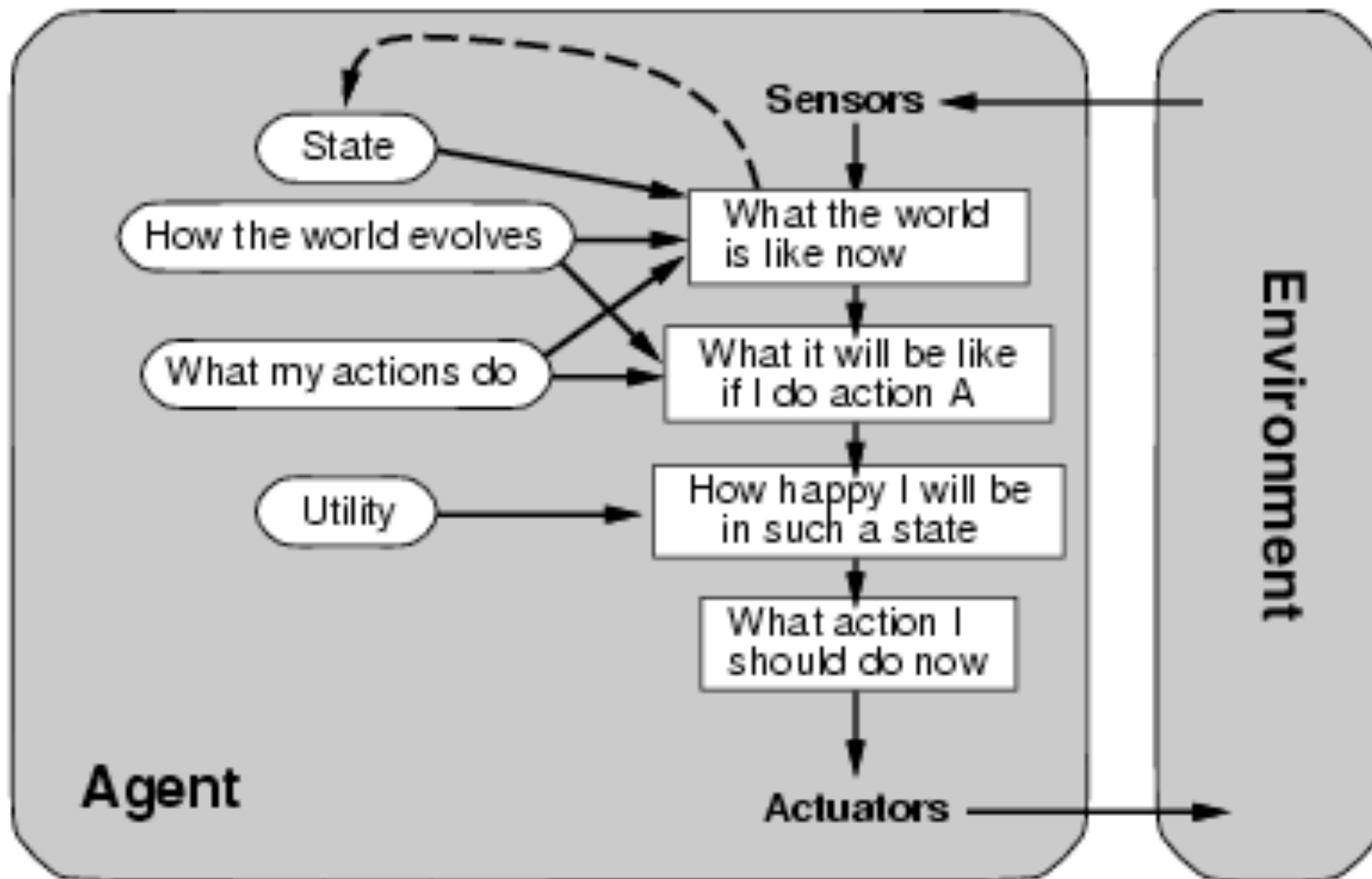
Vídeo [[uvgdemo.avi](#)]



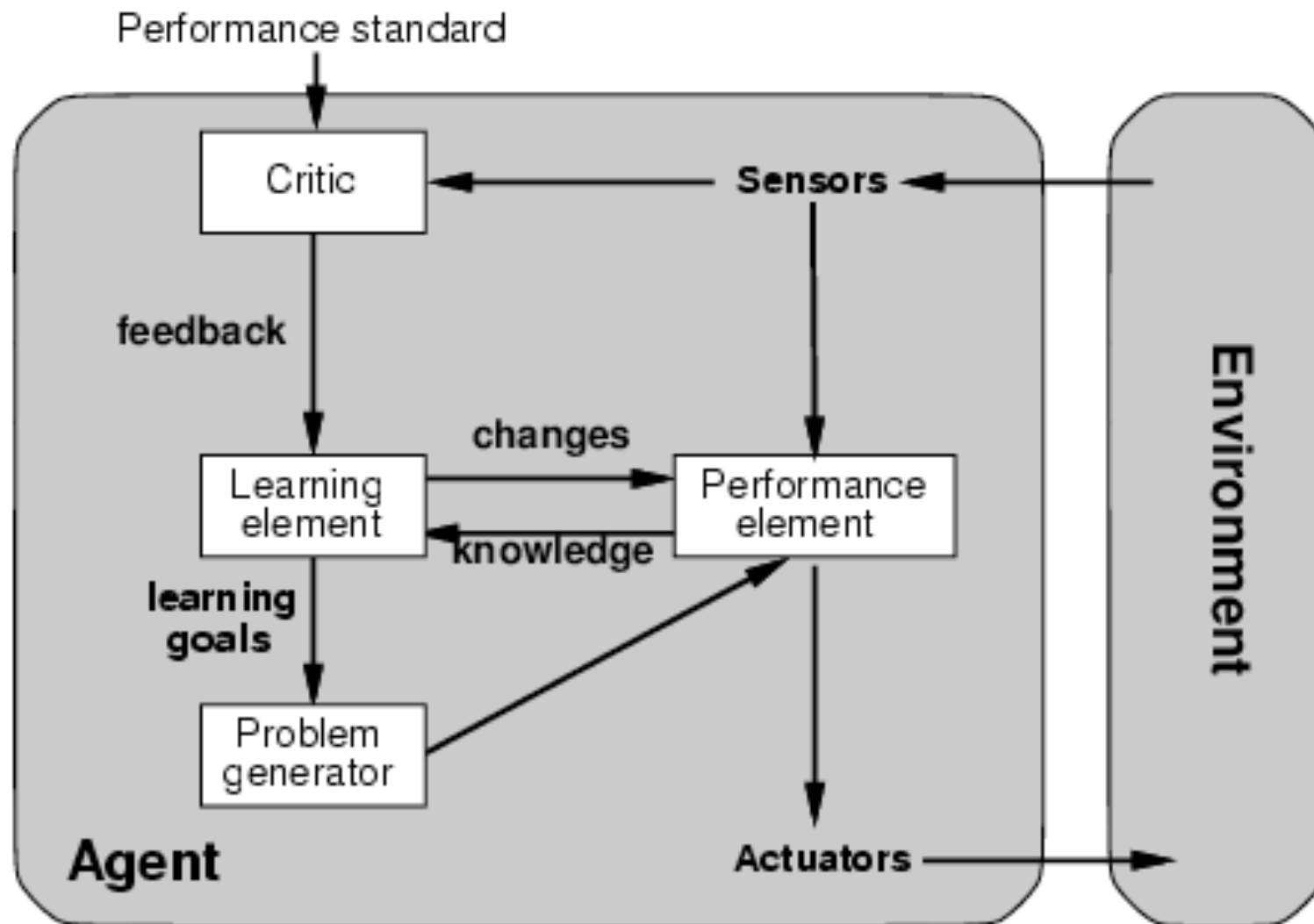
# Idaho National Laboratory (RIK)



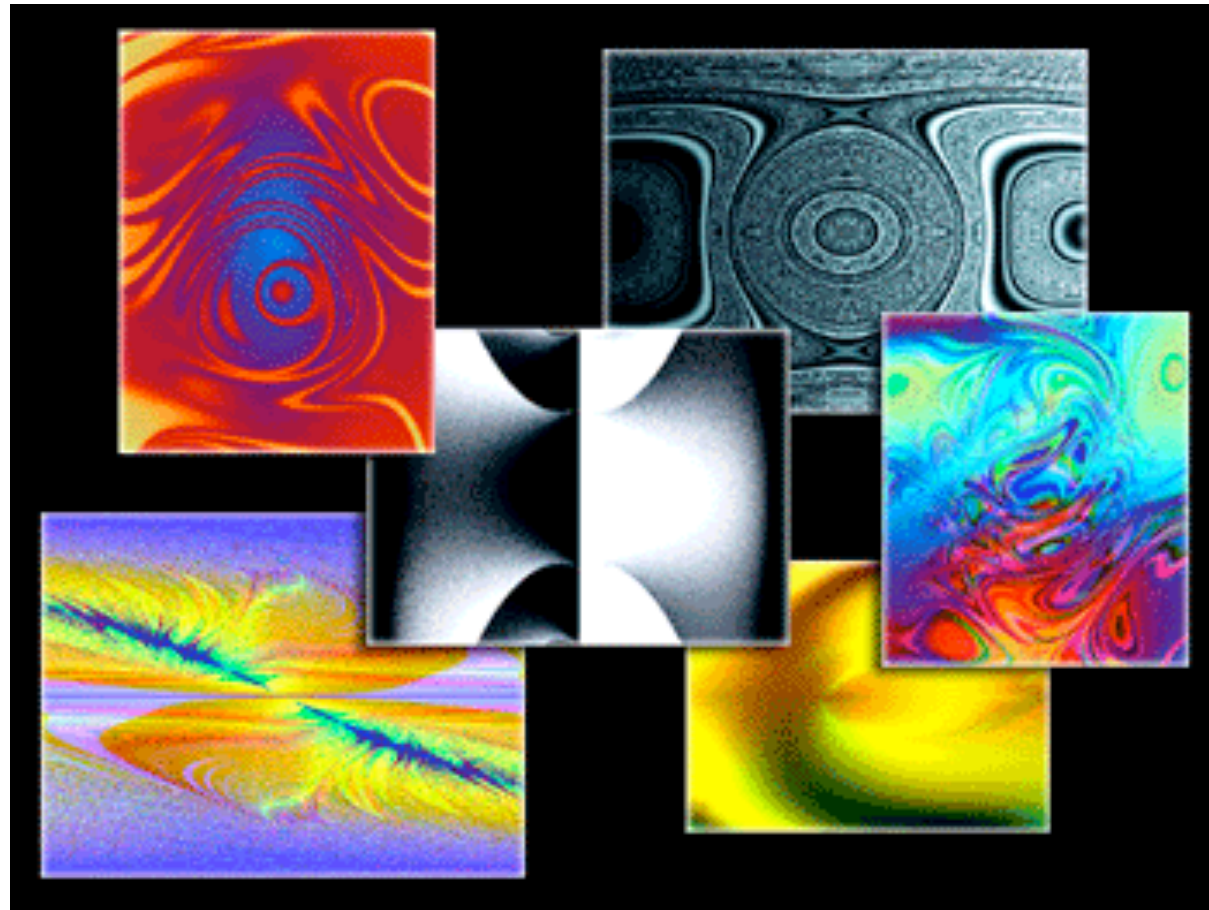
# Agente guiado por utilidade



# Agentes aprendizes



# Neuro Evolutionary Art (NEvAr)



Universidade de Coimbra



# Representações internas dos agentes

- Atômica (sem estrutura interna)

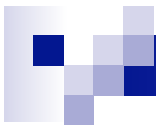
- "Caixa negra" utilizada nos algoritmos de procura, jogos, modelo oculto de Markov, processos de decisão de Markov

- 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](http://www.ri.cmu.edu/projects/project_160.html))
- Gengis (<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>)