



# **IF684 – Sistemas Inteligentes – 2018.2**

Aula: Modelo de Agentes Inteligentes

Sérgio Queiroz

# Ao final desta aula a gente deve....

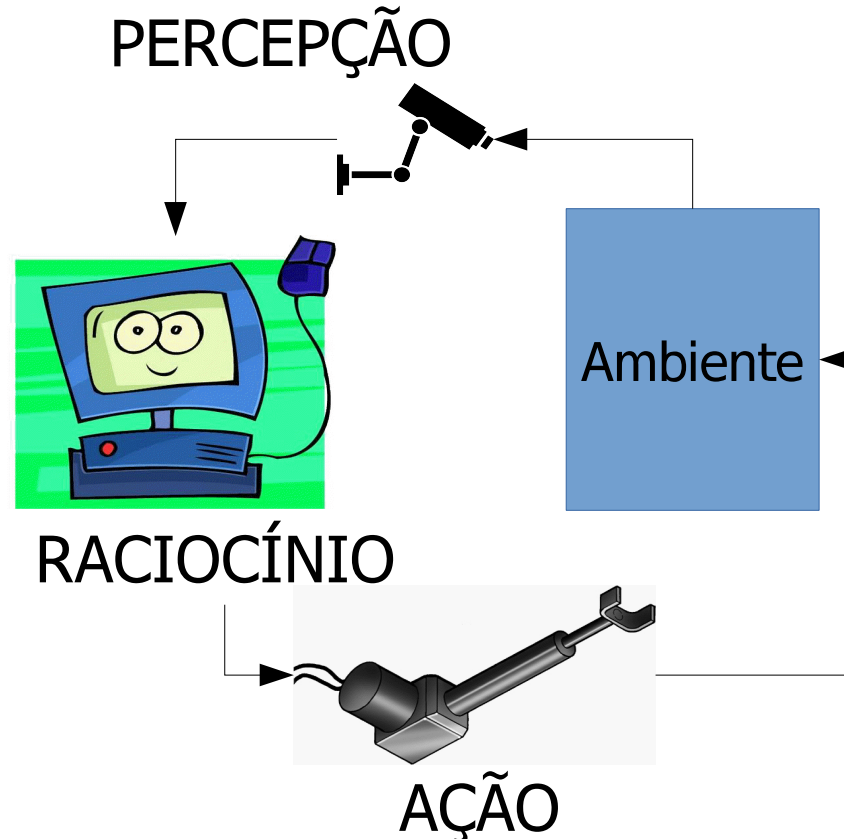
- Entender o que é um Agente Racional (inteligente)?
- Distinguir entre os vários tipos de ambientes e arquiteturas de agentes
- Compreender o que é IA distribuída
- Conhecer uma metodologia de desenvolvimento

# O que é um Agente?

- Qualquer entidade (humana ou artificial) que:
  - está imersa ou situada em um **ambiente**
    - físico, virtual/simulado
  - **percebe** seu ambiente através de sensores
    - ex. câmeras, microfone, teclado, finger, ...
  - **age** sobre ele através de atuadores
    - ex. vídeo, auto-falante, impressora, braços, ftp, ...
  - possui **objetivos próprios**
    - explícitos ou implícitos
  - **escolhe** suas ações em função das suas **percepções** para atingir seus **objetivos**

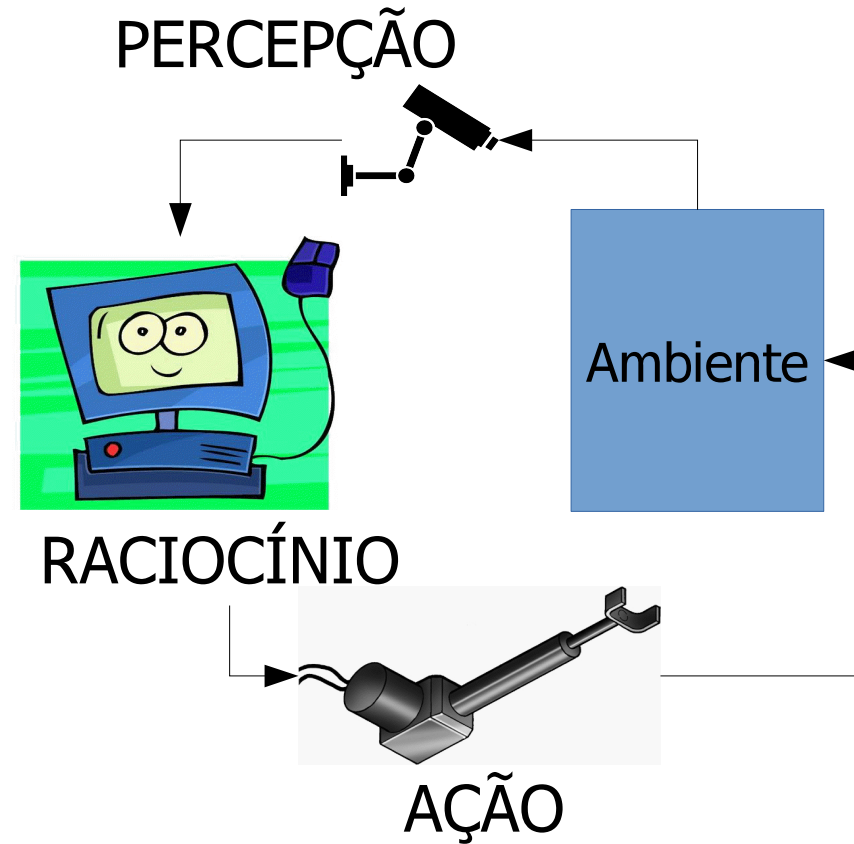
# Agente Inteligente

- **Agente inteligente**, um modelo geral para Inteligência Artificial



# Modelo de Agente – Visão Geral

- O agente é o nosso “ser inteligente”
- O “ser” pode ser material (ex. Robô) ou imaterial (um Software), ex: programa que recomenda livros que você pode gostar numa livraria virtual
- Em ambos os casos, ele está imerso em um ambiente, do qual ele obtém percepções, e realiza ações, baseado em algum “raciocínio”. Essas ações interagem com o ambiente (possivelmente modificando-o).
- Nesta disciplina vemos sobretudo alguns tópicos ligados ao componente de raciocínio.



# Agente Racional (Inteligente)

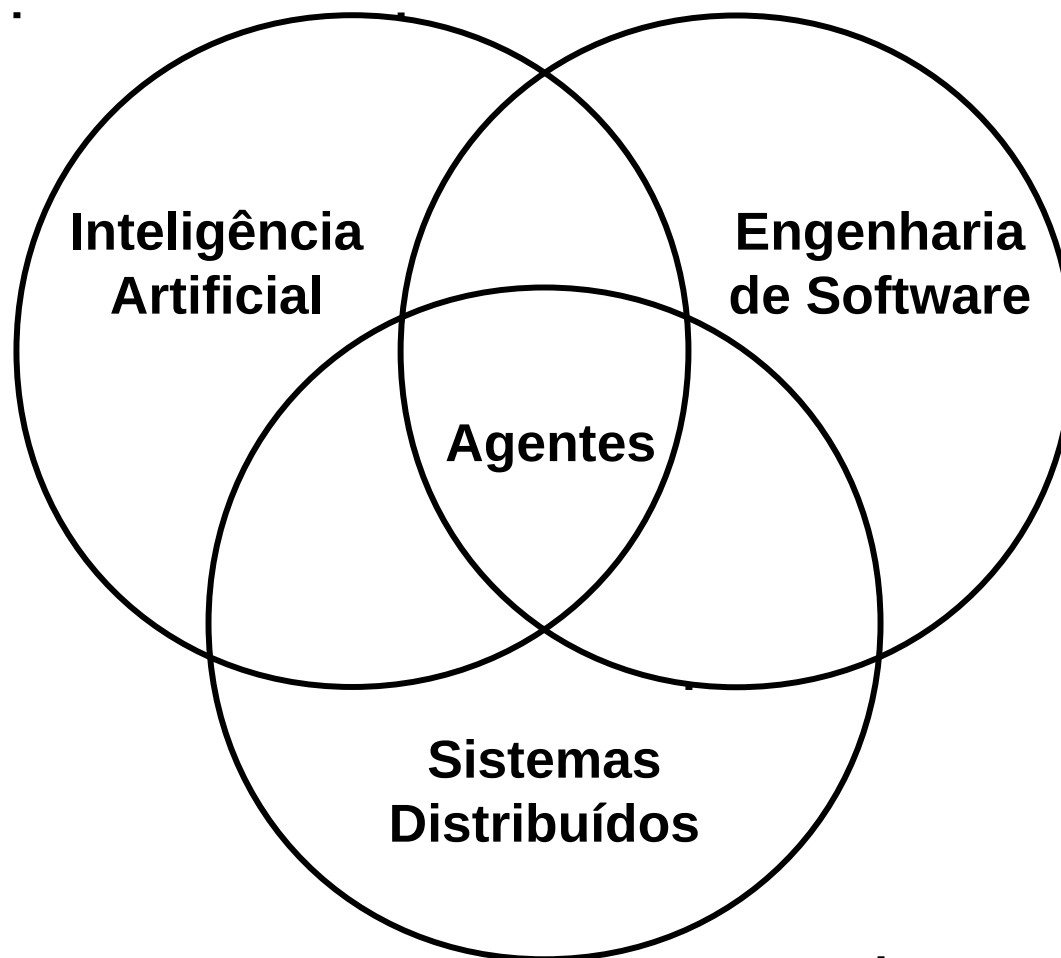
- Agente Racional
  - faz a melhor coisa *possível*
  - segue o princípio da racionalidade:
    - dada uma sequência *perceptiva*, o agente escolhe, segundo seus conhecimentos anteriores sobre o ambiente, as *ações* que *melhor* satisfazem seu objetivo
  - Racionalidade não é o mesmo que perfeição (onisciência)...
    - Racionalidade maximiza o desempenho esperado! Perfeição quer maximizar o desempenho real
    - Onisciência é impossível de ser projetada, estaríamos construindo deuses e não agentes...
- Podemos ter *ações* para modificar raciocínio futuro – coleta de informações...



# Racionalidade x Onisciência

- Limitações de:
  - sensores
  - atuadores
  - “raciocinador” (conhecimento, tempo, etc.)
- Porém...
  - Um agente racional deve ser o mais autônomo possível
    - Possuir Conhecimento *a priori*
    - Habilidade de Aprender coisas sobre o ambiente onde está
    - Justamente o aprendizado vai permitir que o agente seja bem sucedido em vários ambientes!

**Cuidado... na computação, nem todo agente é inteligente (racional)!**





# Agente Racional

## Medida de Desempenho

- Então como vamos medir o “sucesso” do agente?
  - Usando uma “medida de performance”
    - Quando o agente é colocado em um ambiente, ele gera uma **seqüência de ações** com base nas suas percepções.
    - Essa seqüência de ações leva o ambiente a modificar-se passando por uma **seqüência de estados**.
    - Se essa **seqüência de estados** é “desejável”, então o agente teve um **bom desempenho!**
- Contudo...
  - Não existe uma medida de sucesso fixa para todos os agentes
  - Depende do ambiente... E do comportamento que queremos!
  - Assim sendo, vamos optar por uma medida de performance objetiva, que seja **determinada pelo projetista o agente!**

# Outras propriedades associadas aos Agentes

- Autonomia de raciocínio (IA):
  - Capacidade de manipular o conhecimento adquirido a fim de gerar novos conhecimentos.
    - Se um agente se baseia no conhecimento anterior de seu projetista e não em suas próprias percepções, ele não tem autonomia.
    - Um agente autônomo deve aprender o que puder para compensar um conhecimento prévio parcial ou incorreto.
  - Essencial em sistemas especialistas, controle, robótica, jogos, agentes na internet ...
- Adaptabilidade (IA):
  - Capacidade de adaptação a situações novas, para as quais não foi fornecido todo o conhecimento necessário com antecedência.
  - Duas implementações
    - aprendizagem e/ou programação declarativa
  - Essencial em agentes na internet, interfaces amigáveis ...

# Outras propriedades associadas aos Agentes

- Comunicação & Cooperação (Sociabilidade) (IA):
  - IA + técnicas avançadas de sistemas distribuídos:
    - Protocolos padrões de comunicação, cooperação, negociação
    - Raciocínio autônomo sobre crenças e confiabilidade
    - Arquiteturas de interação social entre agentes
  - Essencial em sistemas multi-agente, comércio eletrônico, ...
- Personalidade (IA):
  - IA + modelagem de atitudes e emoções
  - Essencial em entretenimento digital, realidade virtual, interfaces amigáveis ...

# Outras propriedades associadas aos Agentes

- Continuidade temporal e persistência:
  - Requer interface com sistema operacional e banco de dados
  - Essencial em filtragem, monitoramento, controle, ...
- Mobilidade:
  - Requer:
    - Interface com rede
    - Protocolos de segurança
    - Suporte a código móvel
  - Essencial em agentes de exploração da internet, ...

# Resolução de Problemas

- O “problema” para o qual um agente deve encontrar “soluções” é descrito por um ambiente de tarefas.
- Um ambiente de tarefas contém os componentes (PEAS):
  - **P**erformance (desempenho)
  - **E**nviroment (ambiente)
  - **A**ctuators (atuadores)
  - **S**ensors (sensores)

# Performance

- Como medir o desempenho do agente?
- Exemplo: **Táxi autônomo**
  - Medida de desempenho deve valorizar qualidades desejáveis:
    - ▮ chegar ao destino correto
    - ▮ minimizar tempo e/ou custo da viagem
    - ▮ evitar violações às leis de trânsito
    - ▮ evitar perturbações a outros motoristas
    - ▮ maximizar a segurança e o conforto dos passageiros
    - ▮ maximizar o lucro do táxi
  - Essas qualidades muitas vezes serão conflitantes, o agente terá que fazer escolhas

# Ambiente

- Em que tipo de ambiente o agente estará imerso?
  - Táxi Autônomo:
    - ▮ Estradas rurais, avenidas urbanas, rodovias de alta velocidade
    - ▮ Outros elementos de tráfego: pedestres, animais, trabalhadores, policiamento, buracos
    - ▮ Interação com os passageiros
    - ▮ Interação com outros veículos



# Atuadores

- O que o agente controla para interagir com o ambiente
  - Táxi autônomo:
    - ▮ Acelerador, freio, direção
    - ▮ Tela de exibição para interação com o cliente
    - ▮ Sintetizador de voz para falar com o cliente
    - ▮ Formas de comunicação com outros veículos: pisca-pisca, buzina...
    - ▮ Faróis, Limpador de pára-brisas/de câmeras

# Sensores

- Fornecem informações ao agente sobre o ambiente
  - Táxi autônomo:
    - ▮ Câmeras para observar a estrada
      - ▮ Potencialmente com infra-vermelho ou sensores sonar para detecção de distância
    - ▮ Sensor de velocidade
    - ▮ Acelerômetro para realização de curvas
    - ▮ Sensores habituais: nível de combustível, óleo, chuva
    - ▮ Teclado, microfone, tela sensível ao toque

# Exemplos de Agentes e seus PEAS

<i>Agente</i>	<i>Performance</i>	<i>E (Ambiente)</i>	<i>Atuadores</i>	<i>Sensores</i>
Agente de Diagnóstico médico	Paciente saudável, minimizar custos,...	Paciente, hospital, funcionários...	Auto-falantes (para falar com o paciente), display para mostra textos ao paciente...	Câmera, leitora de exames (scanner?), microfone, teclado,...
Agente de Análise de imagens de satélite	categorizar corretamente as imagens	Imagens de satélite	Display para mostrar o resultado a análise	Equipamento para capturar as imagens
Agente Tutorial de inglês	Melhorar o desempenho do estudante	Conjunto de estudantes, escola...	Impressora, display com exercícios, sugestões e correções,...	Câmera, para capturar imagens do aluno; Microfone, teclado,...
Agente robô de linha de montagem	Percentual de peças corretamente montadas	Esteira com peças...	Braço e mão mecânicos	Câmera, sensores de ângulos
Agente Motorista de taxi	Segurança, rapidez, economia, conforto,...	Ruas, pedestres, outros carros, passageiros...	Acelerador, freios, espelhos, buzina, etc...	Câmera, velocímetro, GPS,...
Agente Músico de jazz	Tocar bem, divertir o público, agradar	Músicos, público, grades de acordes	Instrumento de som, computador,...	Microfone, câmera...



# Ambientes

# Tipos de Ambiente de Tarefas

- Um fator determinante para o agente é como o ambiente se comporta na sua visão
  - O que não necessariamente é equivalente a como o ambiente é de fato

# Tipos de Ambiente

- **Completamente observável**

- Os sensores do agente permitem acesso ao estado completo do ambiente (em termos do que é relevante) em cada instante.
- O agente não precisa manter um estado interno para guardar as mudanças no ambiente

- **Parcialmente observável**

- Sensores ruidosos ou imprecisos
- Partes do estado estão ausentes dos sensores

- **Inobservável**

- Agente sem sensores

# Tipos de Ambiente

- **Agente único x Multi-agente**

- Alguns aspectos sutis: O táxi autônomo (A) deve tratar outros motoristas como outros agentes ou como objetos do ambiente, análogos a folhas espalhadas pelo vento?
  - Regra geral, o comportamento da outra entidade (B) é melhor descrito como a maximização de uma medida de desempenho cujo valor depende do seu comportamento (A)?
- Multiagente: cooperativo? competitivo? comunicação...



# Tipos de Ambiente

- **Determinístico:** o próximo estado do ambiente é completamente determinado pelo estado atual e pela ação executada pelo agente
- **Estocástico:** caso contrário
  - Incerteza (probabilidades)? Risco (não determinístico)?
  - Pode ser estocástico por ser parcialmente observável

# Tipos de Ambiente

- **Episódico:** experiência dividida em episódios atômicos. Em cada episódio, o agente recebe uma percepção e em seguida executa uma única ação. O episódio seguinte só depende da última ação executada  $\Rightarrow$  a escolha da ação em cada episódio só depende do próprio episódio.
- **Sequencial:** ações atuais podem surgir efeito no longo prazo

# Tipos de Ambiente

- **Estático:** o ambiente não se altera enquanto o agente está deliberando.
  - O agente não precisa continuar observando o mundo enquanto delibera, nem precisa se preocupar com a passagem do tempo
- **Dinâmico:** caso contrário.
  - O ambiente está sempre perguntando ao agente o que ele deseja fazer, se ele não tiver decidido isso será considerado não fazer nada.
  - Semidinâmico: o ambiente não muda enquanto o agente delibera, mas com a passagem do tempo o desempenho do agente muda (ex. xadrez com relógio)



# Tipos de Ambiente

- **Discreto:** conjunto discreto de percepções e ações
- **Contínuo:** percepções ou ações assumem valores contínuos (ângulo de rotação do volante no táxi etc.)

# Tipos de Ambiente

- **Conhecido:** o agente tem conhecimento sobre “as regras” do ambiente. Exemplo: leis da física, regras do pôquer
- **Desconhecido:** o agente não sabe “como funciona” o ambiente.
- Tecnicamente isso não é uma propriedade do ambiente, mas do grau de conhecimento do agente sobre ele.

# Exemplos: Tipos de Ambiente

<b>Ambiente de tarefa</b>	<b>Observável</b>	<b>Agentes</b>	<b>Determinístico</b>	<b>Episódico</b>	<b>Estático</b>	<b>Discreto</b>
Jogo de palavras cruzadas	Completamente	Único	Determinístico	Sequencial	Estático	Discreto
Xadrez com relógio	Completamente	Multi	Determinístico	Sequencial	Semidinâmico	Discreto
Pôquer	Parcialmente	Multi	Estocástico	Sequencial	Estático	Discreto
Gamão	Completamente	Multi	Estocástico	Sequencial	Estático	Discreto
Direção de táxi	Parcialmente	Multi	Estocástico	Sequencial	Dinâmico	Contínuo
Diagnóstico médico	Parcialmente	Único	Estocástico	Sequencial	Dinâmico	Contínuo
Análise de Imagens	Completamente	Único	Determinístico	Episódico	Semi	Contínuo
Robô de seleção de peças (QA)	Parcialmente	Único	Estocástico	Episódico	Dinâmico	Contínuo
Controlador de refinaria	Parcialmente	Único	Estocástico	Sequencial	Dinâmico	Contínuo
Instrutor interativo de inglês	Parcialmente	Multi	Estocástico	Sequencial	Dinâmico	Discreto



# Agentes

## Algoritmo Básico e Arquiteturas



# Agentes: Algoritmo básico

função agenteSimples (percepção) retorna ação  
    memória := atualizaMemória (memória, percepção)  
    ação := escolheMelhorAção(memória, objetivos)  
    memória := atualizaMemória (memória, ação)  
    retorna ação

# Agentes: Arquiteturas

- Agente reativo (Simple Reflex)
- Agente reativo com estado interno (Baseado em Modelos)
- Agente cognitivo (baseado em objetivos)
- Agente otimizador (baseado em utilidade)
- Agente adaptativo

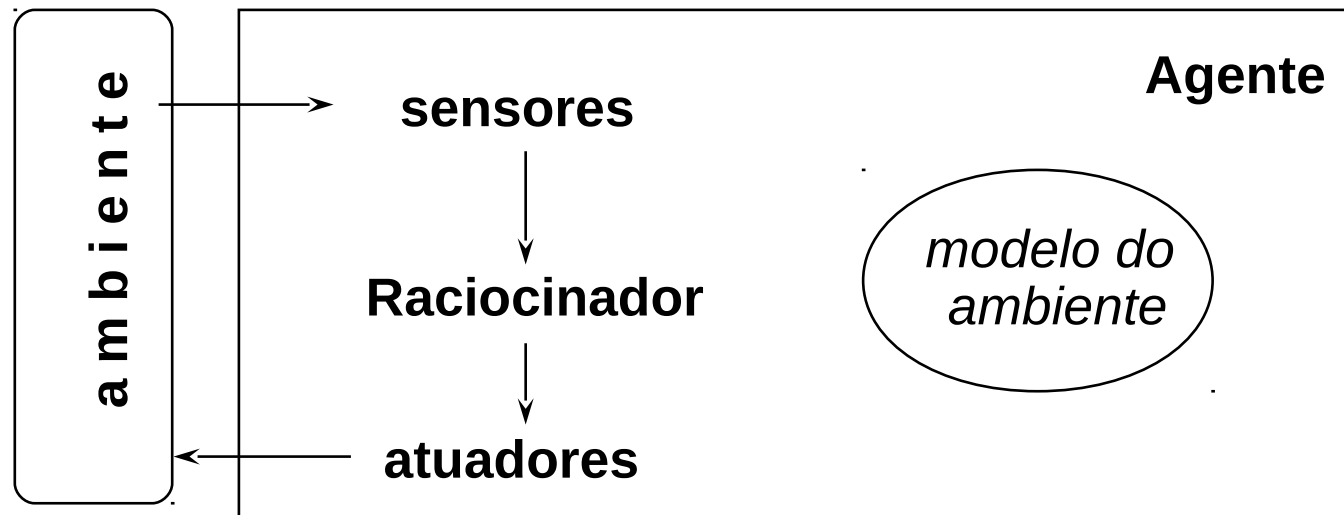


autonomia  
complexidade

# Agentes: Arquiteturas

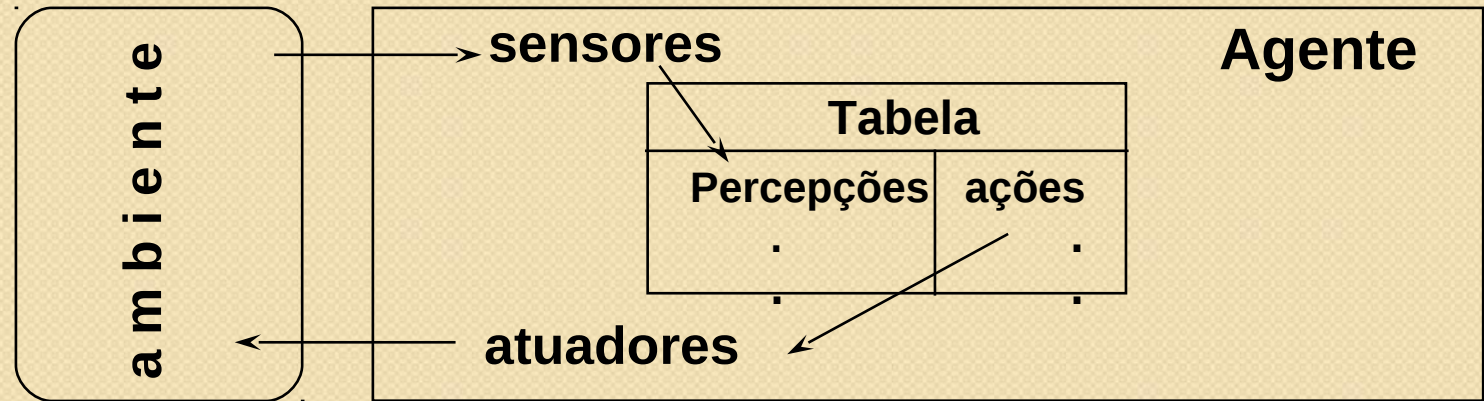
De forma bem simplificada, um agente pode ser visto como um **mapeamento**:

- sequência perceptiva  $\Rightarrow$  ação



# Agente Tabela?

Pode ser impossível de construir...



## Limitações

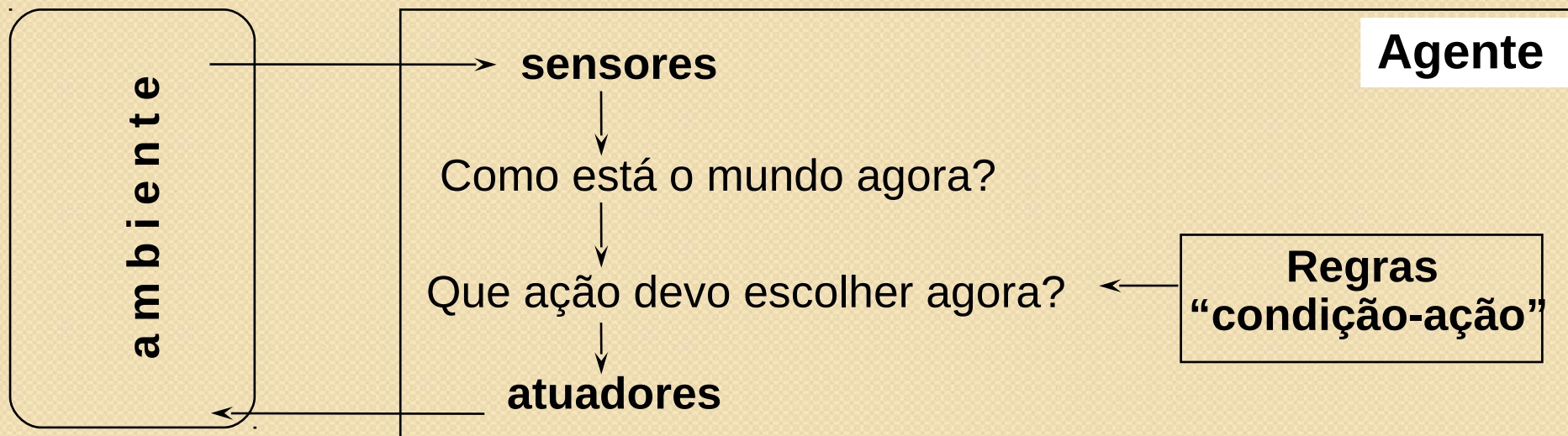
- Mesmo problemas simples requerem tabelas muito grandes
  - ex. xadrez  $30^{100}$
- Nem sempre é possível, por ignorância ou questão de tempo, construir a tabela
- Não tem autonomia nem flexibilidade

## Ambiente

- acessível, determinista, episódico, estático, discreto e minúsculo!



# Agente Reativo Simples



## ▮ Vantagens e desvantagens

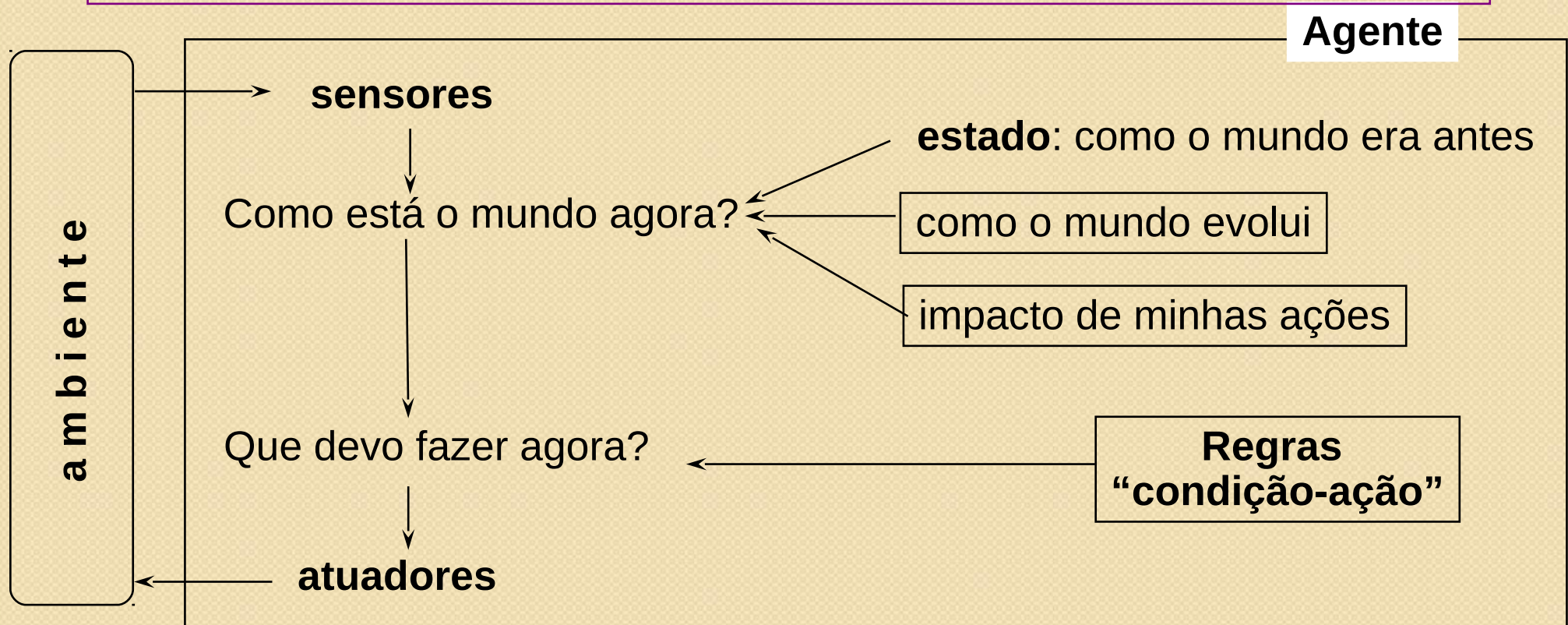
- Regras condição-ação - representação inteligível, modular e eficiente
  - ▮ ex. **Se velocidade > 60 então multar**
- Não pode armazenar uma seqüência perceptiva, tem pouca autonomia
- Pode entrar em loop
- Só vai funcionar se a decisão correta depender **SOMENTE** da percepção atual

## ▮ Ambiente

- Acessível, episódico, pequeno
- **Reflexo é imprescindível em ambientes dinâmicos**



# Agente Reativo baseado em Modelo do Mundo



❑ **Desvantagem:** pouca autonomia

- não tem objetivo, não encadeia regras

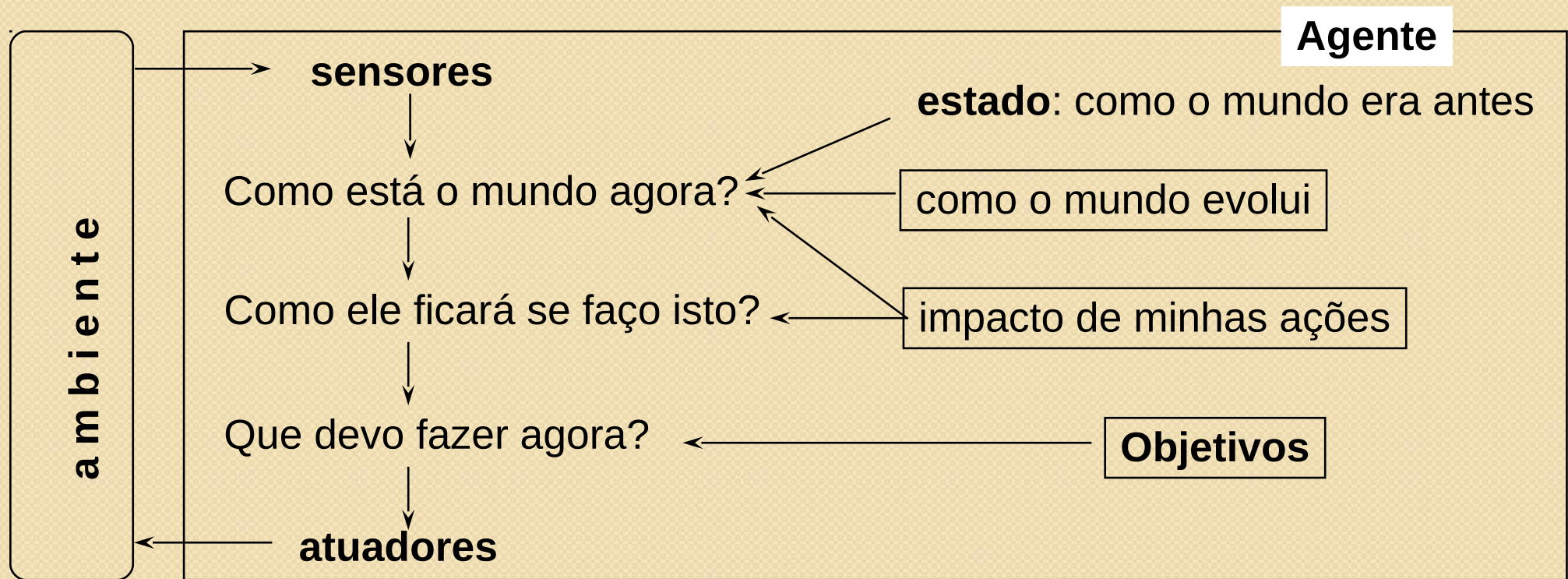
❑ **Precisamos de conhecimento sobre o mundo** (independente do agente)

- E também de conhecimento sobre como as ações do agente afetam o ambiente

❑ **Ambiente:** determinista e pequeno (Tamagotchi)



# Agente cognitivo - Baseado em Objetivo



## ▮ Vantagens e desvantagens

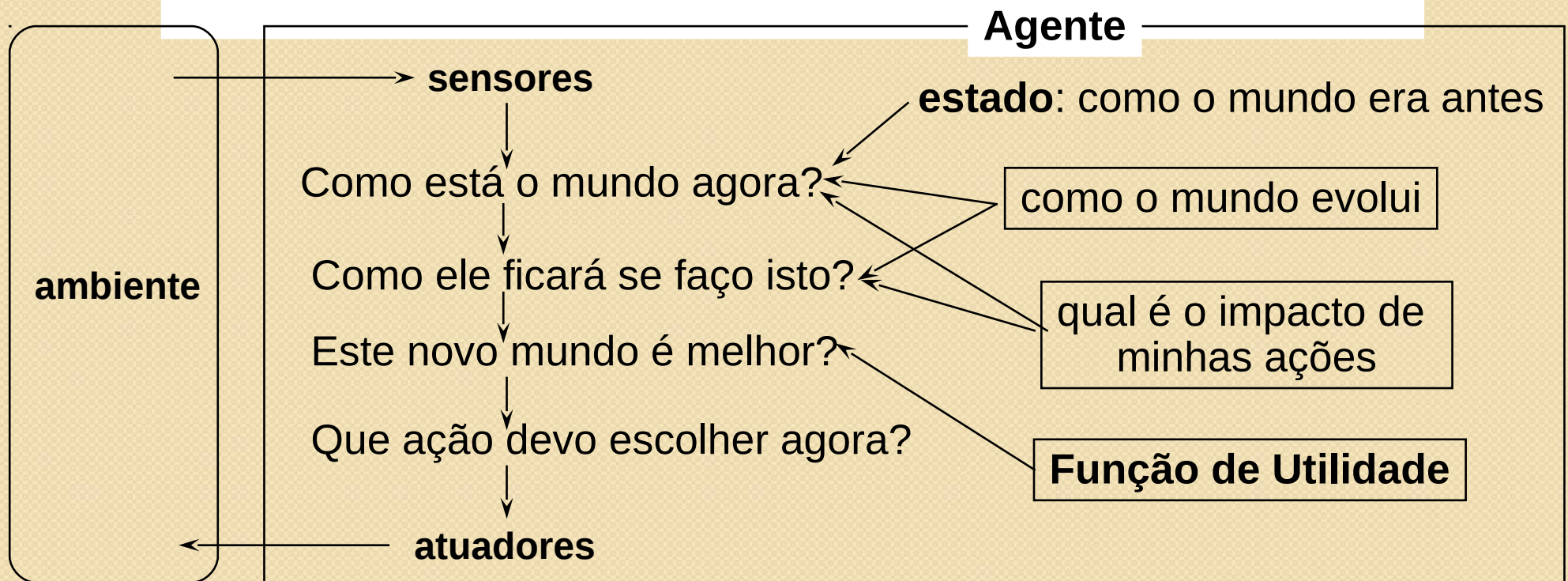
- Mais *complicado e ineficiente*, porém mais *flexível, autônomo*
  - ▮ *Muda de comportamento mudando o objetivo*
- Não trata objetivos conflitantes

▮ **Ambiente:** determinista

▮ Ex. de objetivo: xeque-mate no xadrez

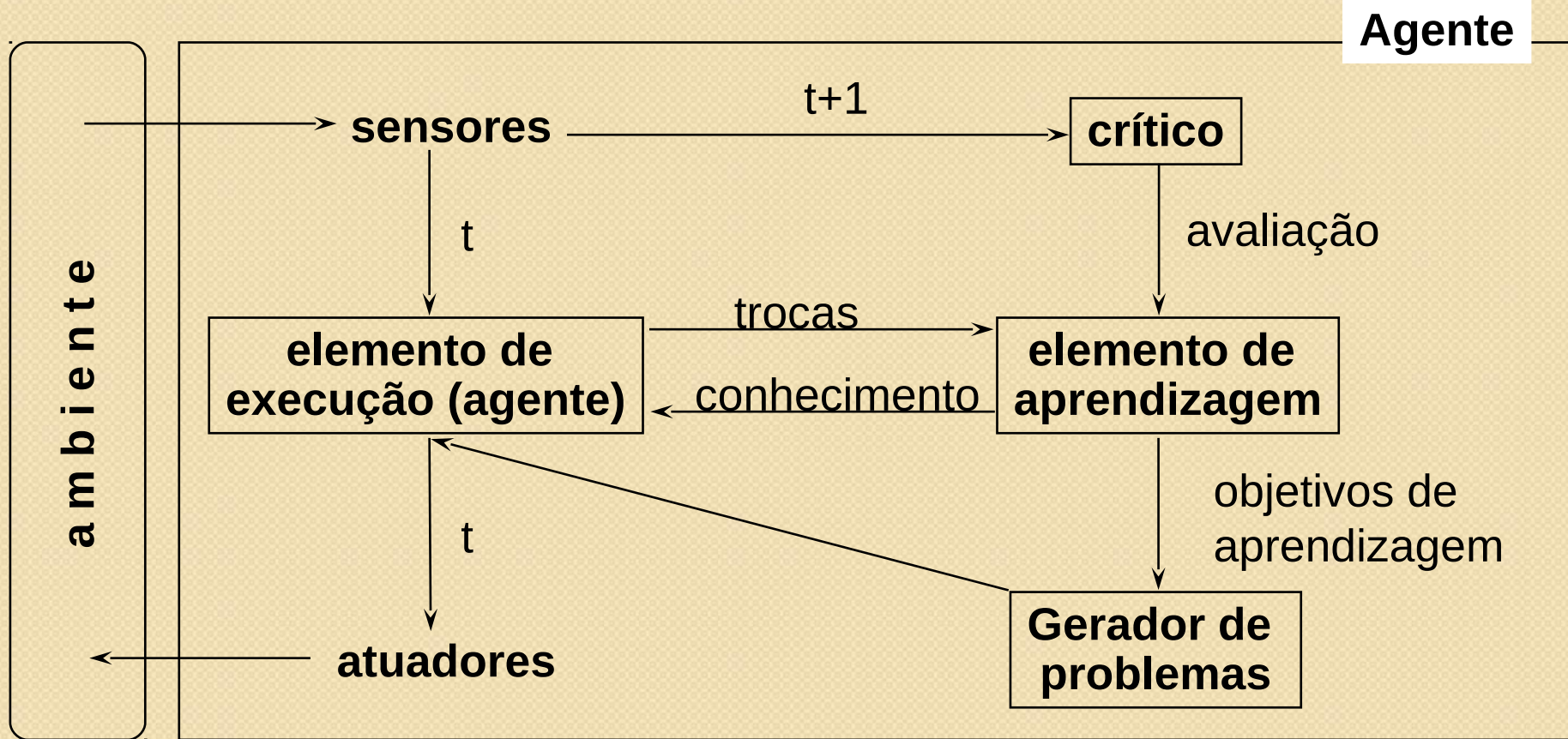


# Agente otimizador - baseado em utilidade



- ▮ **Ambiente:** sem restrição
- ▮ Função de Utilidade pode ajudar a tratar conflitos de objetivos!
- ▮ Ex. motorista de táxi
  - Segurança e velocidade – **conflito!**

# Agente que aprende



- ▢ **Ambiente:** sem restrição
- ▢ **Vantagem:** tem adaptabilidade (aprende)
- ▢ Ex. motorista sem o mapa da cidade





# Inteligência Coletiva

IA Distribuída

# Inteligência Coletiva

- Por que pensar a inteligência/racionalidade como propriedade de um único indivíduo?
- Não existe inteligência ...
  - Em um time de futebol?
  - Em um formigueiro?
  - Em uma empresa (ex. correios)?
  - Na sociedade?
- Solução: **IA Distribuída**

# IA Distribuída/Emergente

- Agentes simples que juntos resolvem problemas complexos
  - tendo ou não consciência do objetivo global
- O próprio ambiente pode ser modelado como um agente
- Dois tipos de sistemas:
  - Resolução distribuída de problemas
  - Sistemas Multi-agentes

# Resolução distribuída de problemas

- Cada agente tem consciência do objetivo global
- Existe uma divisão clara de tarefas
- Exemplos:
  - Robótica clássica, Busca na Web, Gerência de sistemas distribuídos, ...



# Sistemas Multi-agentes

- Não existe consciência do objetivo global
- Não existe divisão clara de tarefas
- Exemplos:
  - futebol de robôs, balanceamento de carga, robótica, ...





# Agentes em IA

Metodologia para projeto de sistemas e dicas de implementação

# Metodologia de desenvolvimento

- Decompõe o problema em:
  - **PEAS** dos agentes (Performance, Environment (ambiente), Atuadores e Sensores); &
  - **Objetivos** (ou **função utilidade**, se for o caso) dos agentes;
- Decompõe o conhecimento do agente em:
  - Quais são as propriedades relevantes do mundo?
  - Como identificar os estados desejáveis do mundo?
  - Como interpretar as suas percepções?
  - Quais as consequências das suas ações no mundo?
    - Como medir o sucesso de suas ações?
  - Como avaliar seus próprios conhecimentos?
    - São suficientes para resolver o problema?

# Metodologia de desenvolvimento

- O resultado dessa decomposição deve indicar:
  - Arquitetura de agente adequada ao ambiente e ao problema a ser tratado
  - O método de resolução de problema (raciocínio)

# Como desenvolver um software inteligente?

- Projeto:
  - Modelar o problema em termos de PEAS e Objetivos (ou função utilidade) dos agentes
  - Identificar o tipo de ambiente
  - Identificar a arquitetura do(s) agente(s)
- Implementação:
  - Componentes do agente
  - O simulador de ambientes
  - Testar o desempenho com diferentes instâncias do ambiente

# Simulação do Ambiente

- Às vezes, é mais conveniente **simular o ambiente**
  - mais simples
  - permite testes prévios
  - evita riscos, etc...
- O ambiente (pedaço de código...)
  - recebe os agentes como entrada
  - fornece repetidamente a cada um deles as percepções corretas e recebe as ações escolhidas
  - atualiza os dados do ambiente em função dessas ações e de outros processos (ex. dia-noite)
  - é definido por um estado inicial e uma função de atualização
  - deve refletir a realidade

# Simulação de Ambientes

- função **simulaAmbiente** (**estado**, **funçãoAtualização**, **agentes**, **final**)

**repita**

**para** cada *agente* em *agentes* **faça**

Percept[*agente*] := pegaPercepção(*agente*, *estado*)

**para** cada *agente* em *agentes* **faça**

Action[*agente*] := Programa[*agente*] (Percept[*agente*])

*estado* := funçãoAtualização(*ações*, *agentes*, *estado*)

*scores* := avaliaDesempenho(*scores*, *agente*, *estado*) //opcional

**até** *final*

Cuidado para não cair em tentação e “roubar” do ambiente a descrição do que aconteceu. Use a memória do agente!

# Por que usar a “metáfora” de agentes?

- 1) Fornece uma visão unificadora das várias sub-áreas da IA
- 2) Fornece metodologias de desenvolvimento de sistemas inteligentes estendendo as de engenharia de software
- 3) Ajuda a embutir a IA em sistemas computacionais tradicionais
- 4) Permite tratar melhor a interação com o ambiente
- 5) Permite tratamento natural da IA distribuída