



Agentes Inteligentes

Inteligência Artificial

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

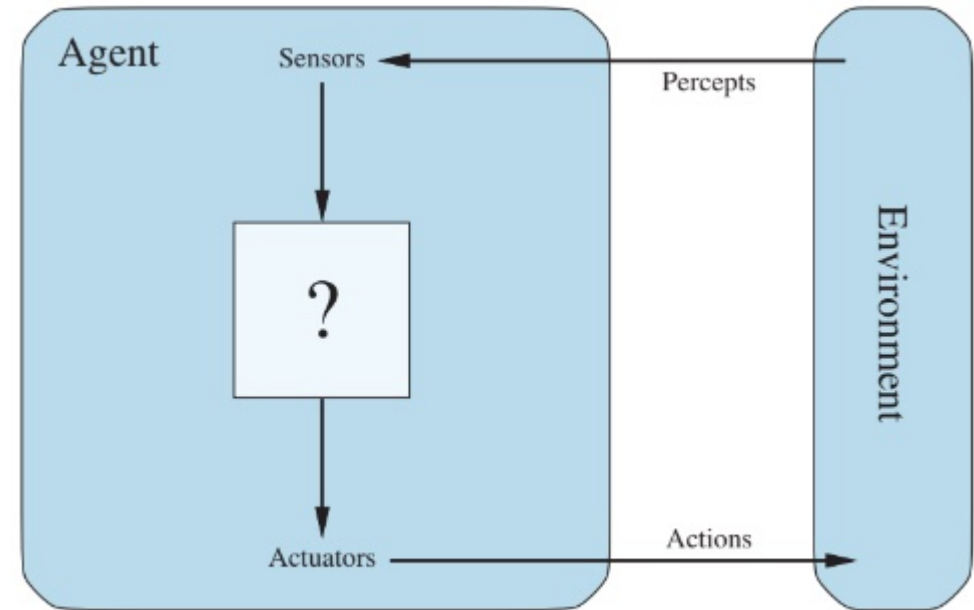
Prof. Dr. Denis M. L. Martins

Objetivos de Aprendizado

- Compreender o conceito de agente inteligente e identificar seus componentes principais (sensores, atuadores, função do agente).
- Classificar os agentes segundo seu comportamento e estrutura interna.
- Relacionar os agentes aos problemas de IA clássicos (ex.: busca, aprendizado).
- Analisar exemplos práticos contemporâneos (robôs móveis, assistentes virtuais, jogos) como aplicações reais dos diferentes tipos de agentes.

O que é um Agente?

- **Agente**: entidade que percebe um **ambiente** ao redor, captura **informações** e as utiliza para realizar **ações** com o objetivo de atingir **metas**.
- **Percepção**: vetor de percepções $P = (p_1, \dots, p_n)$ recebido via sensores.
- **Ação**: escolha de uma ação a dentre o conjunto admissível A .
- **Função do agente**: $f : P \rightarrow a$
 - Mapeia qualquer sequência de percepções específica para uma ação.
 - Implementada no programa do agente.



Agents interact with environments through sensors and actuators.

Diagrama geral de um agente simples. Fonte: [Wikipedia](#)

Em um ambiente, um agente gera uma sequência de ações segundo as percepções que recebe. Cada ação do agente pode **causar uma transformação** no ambiente (mudar seu **estado**).

Mas como saber se a sequência de ações realizadas pelo agente foi **desejável**?

Como saber se o agente teve **bom desempenho**?

Para quem **não sabe** para onde vai,
qualquer caminho serve.

Lewis Carroll. Alice no País das Maravilhas

Agente Racional*

"Para cada sequência de percepções possível, um agente racional deve selecionar uma ação que se espera venha a **maximizar sua medida de desempenho**, dada a evidência fornecida pela sequência de percepções e por qualquer conhecimento interno do agente."

*Russel e Norvig. Inteligência Artificial: Uma Abordagem Moderna.

Modelo PEAS para agentes **racionais**

- **P: Performance (Desempenho)** → Conjunto de métricas para avaliar o quão bem o agente cumpre sua tarefa.
 - Exemplos: acurácia, eficiência de tempo de resposta, eficiência energética
 - Objetivo: maximizar (ou minimizar) essas métricas conforme a tarefa.
- **E: Environment (Ambiente)** → Domínio onde o agente opera, incluindo todas as entidades externas e suas regras.
 - Tipos: estático/estático, determinístico/determinístico, parcialmente observável, etc.
 - Determina quais percepções são disponíveis e que ações podem ser tomadas.
- **A: Actuators (Atuadores)** → Conjunto de dispositivos ou interfaces que permitem ao agente modificar o ambiente.
 - Exemplos: motores, APIs, comandos de sistema, mensagens de rede, etc.
- **S: Sensors (Sensores)** → Meios pelos quais o agente obtém informações sobre o estado do ambiente.
 - Exemplos: câmeras, microfones, sensores de temperatura, dados, leituras de API.
 - A qualidade e a cobertura dos sensores determinam o grau de observabilidade.

Construindo agentes inteligentes no modelo PEAS

1. **Defina a tarefa**: Determine quais são as metas do agente (ex.: “navegar pelo labirinto”).
2. **Especifique P**: Escolha métricas claras que quantifiquem sucesso (ex.: número de passos até o objetivo, tempo total, custo energético).
3. **Descreva E**: Modele o ambiente em termos de estado inicial, transições e observabilidade.
4. **Liste S**: Identifique quais percepções são necessárias para tomar decisões corretas.
5. **Determine A**: Especifique quais ações podem ser executadas pelo agente para alterar o ambiente.

Propriedades-chave do Ambiente

Propriedade	Descrição
Observabilidade	Completa – o agente recebe todo o estado; Parcial – só recebe parte das percepções.
Determinismo	Determinístico – a mesma ação em um mesmo estado sempre gera o mesmo próximo estado; Estocástico – há probabilidade associada às transições.
Dinamicidade	Estático – o ambiente não muda enquanto o agente decide; Dinâmico – pode mudar independentemente das ações do agente (ex.: outros agentes, ruído).
Discretização	Discreto – estado e ação são contáveis e finitos; Contínuo – variáveis podem assumir qualquer valor em um intervalo.
Sequencialidade	Episódico – cada decisão está isolada de outras (ex.: jogar cartas); Sequencial – decisões se acumulam ao longo do tempo, influenciando futuras escolhas (ex.: planejamento).
Agente Único vs. Multi-Agente	Único – o ambiente contém apenas um agente que interage com elementos não agentes. Multi-Agente – múltiplos agentes coexistem e podem cooperar, competir ou se comunicar, alterando a dinâmica do problema (ex.: jogos, sistemas de negociação, swarm robotics).

Principais Tipos de Agentes Inteligentes

- **Agente Reativo Simples:** Decide a partir da percepção atual, sem memória interna das percepções anteriores.
 - Simplicidade de implementação, baixo custo computacional
 - Incapaz de lidar com mudanças que exigem planejamento futuro ou aprendizado de estados anteriores.
 - Regras do tipo: Se X então Y.
- **Agente Reativo Baseado em Modelo:** Mantém um **modelo interno** do ambiente (M) e atualiza-o a cada percepção: $M \leftarrow \text{update}(M, P)$; então escolhe uma ação.
 - Modelo de mundo: conhecimento de como o ambiente funciona.
 - Pode antecipar consequências, lidar com incerteza parcial e adaptar-se a mudanças inesperadas.
 - Requer especificação correta do modelo. Pode ser difícil de escalar para ambientes complexos.

Principais Tipos de Agentes Inteligentes (cont.)

- **Agente Baseado em Objetivos**: Possui uma função objetivo $G(s)$ que avalia o quão perto está de atingir metas e escolhe ações que maximizam essa avaliação: $a = \operatorname{argmax}_a G(\operatorname{estado}(a))$.
 - Pode ser aplicado a problemas de **busca** e **planejamento**.
 - Precisa de um modelo do ambiente ou de simulações.
- **Agentes Baseados em Utilidade**: Maximizam uma **função de utilidade** $U(s)$ que quantifica a "qualidade" de cada estado s .
 - **Função de utilidade** (pré-definida ou aprendida).
 - **Modelo do ambiente** (determinístico ou probabilístico).
 - **Algoritmo de decisão** (ex.: busca, aprendizado por reforço).
 - Flexível: pode integrar múltiplas métricas (tempo, custo, segurança) em uma única função. Pode se adaptar a ambientes incertos e dinâmicos graças ao cálculo de valores esperados.

Principais Tipos de Agentes Inteligentes (cont.)

- **Agentes baseados em aprendizado**: Melhorar a performance ao longo do tempo por meio da experiência adquirida.
 - Baseados no conceito de **aprendizado de máquina** (Machine Learning).
 - Aprendizado **Supervisionado** – treina com exemplos rotulados.
 - Aprendizado **Não-Supervisionado** – extrai padrões sem rótulos.
 - Aprendizado por **Reforço** – aprende via recompensas em ambientes interativos.
 - Necessita **grande quantidade** de dados ou interação prolongada.

Exemplos Modernos de Agentes Inteligentes

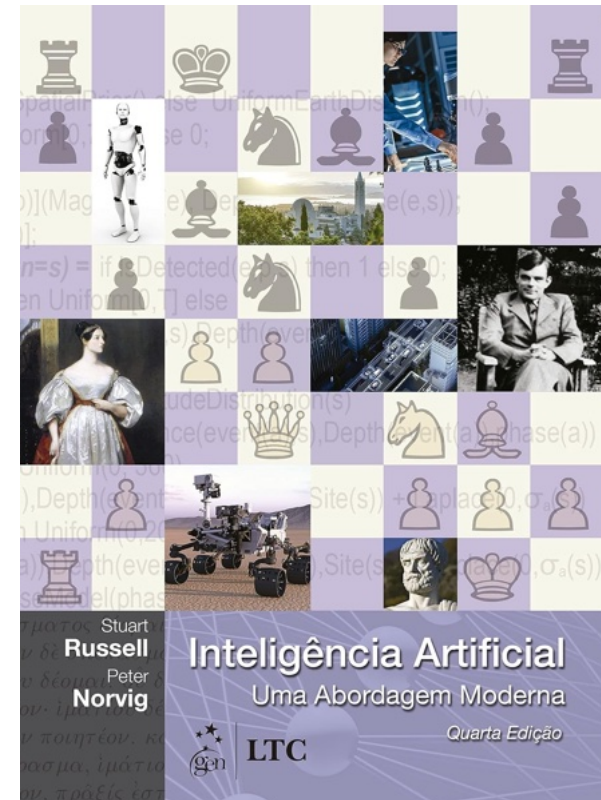
Área	Exemplo	Tipo de agente	Como funciona?
Robótica	Roomba (aspirador autônomo)	Reativo + Modelo simples	Sensores IR → mapeamento local, evasão de obstáculos
Assistência Virtual	Alexa, Siri	Baseado em modelo + aprendizado	Processamento de linguagem natural → execução de ações via API
Jogos	AlphaGo	Aprendizagem por reforço + busca (Monte-Carlo Tree Search)	Gera jogadas baseadas em avaliação neural e simulações

Agentes Baseados em Busca (tema da próxima aula)

1. **Problema de busca**: estado inicial → objetivo; transições → ações.
2. **Estratégias**: busca não informada (BFS, DFS), informada (A*, Greedy).
3. **Agente de busca**: aplica um algoritmo de busca para gerar **sequência de ações**.

Resumo e Próximos Passos

- Agentes inteligentes são estruturas fundamentais em IA.
- Uma medida de desempenho avalia o comportamento do agente em um ambiente.
- Um agente racional age para maximizar o valor esperado da medida de desempenho, dada a sequência de percepções recebida até o momento.
- Ações de um agente podem alterar o estado do ambiente.
- Mecanismos de busca podem ser usados por agentes para resolver problemas complexos.



Atividade recomendada: Leitura do capítulo 2.

Perguntas para Discussão

1. Qual a principal vantagem de usar um agente baseado em modelo versus simplesmente reativo?
2. Como os agentes podem lidar com ambientes parcialmente observáveis?
3. Em ambientes multi-agentes, que desafios adicionais surgem na definição da função de utilidade de cada agente?
4. Quais são as implicações éticas de permitir que agentes aprendam de forma autônoma em ambientes com humanos?
5. Como sensores falhos ou ruído alto afetariam o funcionamento de agentes?