



Inteligência Artificial

Professor: Elton Sarmanho¹

E-mail: eltonss@ufpa.br



¹Faculdade de Sistemas de Informação - UFPA/CUNTINS

26 de janeiro de 2025

Roteiro

Planejamento

Fundamentação

Conceitos Fundamentais

Contexto Histórico

Estado da Arte

Agentes Inteligentes

Conceitos Fundamentais

Racionalidade

Onisciência

Natureza dos ambientes

Propriedades de ambientes de tarefas

Estrutura de Agente



Licença

Este trabalho está licenciado sob a licença Creative Commons:



Planejamento

Nesta aula:

- ▶ Vamos explorar os conceitos fundamentais de Inteligência Artificial.
- ▶ Ter panorama sobre conceito.
- ▶ Códigos do livro estão: <https://github.com/aimacode>
- ▶ Códigos do Professor estão no github



└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Conceitos Fundamentais



└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Inteligência Artificial (IA)

- ▶ IA é o campo de estudo de agentes que percebem o ambiente e realizam ações para maximizar suas chances de sucesso.
 - ▶ Conjunto de técnicas para a construção de máquinas “inteligentes”, capazes de resolver problemas que requerem inteligência humana.
- ▶ IA abrange uma vasta gama de subcampos, incluindo aprendizado de máquina, percepção, raciocínio e ação.



└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Abordagens para Definir IA

► Dimensões Principais:

- **Pensamento vs. Comportamento:** A IA pode ser definida em termos de como os sistemas pensam ou como eles agem.
- **Humanidade vs. Racionalidade:** A IA pode ser medida em relação ao desempenho humano ou em relação ao desempenho ideal.



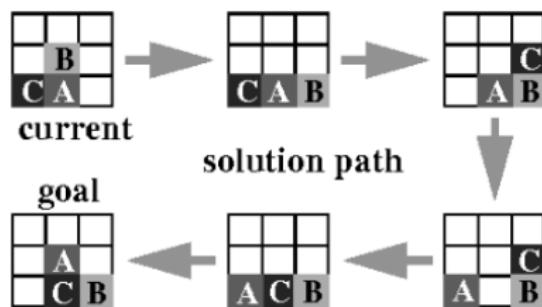
└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Pensar Humanamente

► Abordagem Cognitiva:

- Envolve a modelagem dos processos cognitivos humanos.
- Métodos incluem introspecção, experimentos psicológicos e neuroimagem.
- Exemplos: Modelos baseados em como os humanos resolvem problemas, como o GPS (General Problem Solver).



└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Pensar Racionalmente

► Leis do Pensamento:

- ▶ Baseia-se na lógica formal e em padrões de raciocínio que são corretos.
- ▶ Exemplos: Silogismos de Aristóteles, que fornecem regras para deduzir conclusões lógicas.
- ▶ Limitações: Difícil expressar conhecimento informal e enfrentar problemas práticos devido à complexidade.



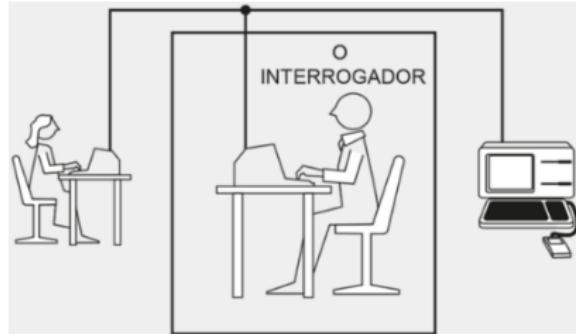
└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Agir Humanamente

► Teste de Turing:

- Proposto por Alan Turing em 1950 como um teste operacional de inteligência.
- Um sistema é considerado inteligente se seu comportamento não puder ser distinguido de um humano.
- Requisitos: Processamento de linguagem natural, representação de conhecimento, raciocínio automatizado, aprendizado de máquina.



└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Agir Racionalmente

► Agente Racional:

- ▶ Um agente racional age de forma a maximizar o sucesso ou a expectativa de sucesso, dado o que sabe.
- ▶ Vantagens: Mais geral e aplicável do que simplesmente seguir leis do pensamento.
- ▶ Foco: Construir agentes que tomem decisões racionais, mesmo quando a solução ideal não é computável em tempo hábil.



└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Resumo das Abordagens

► Comparação das Abordagens:

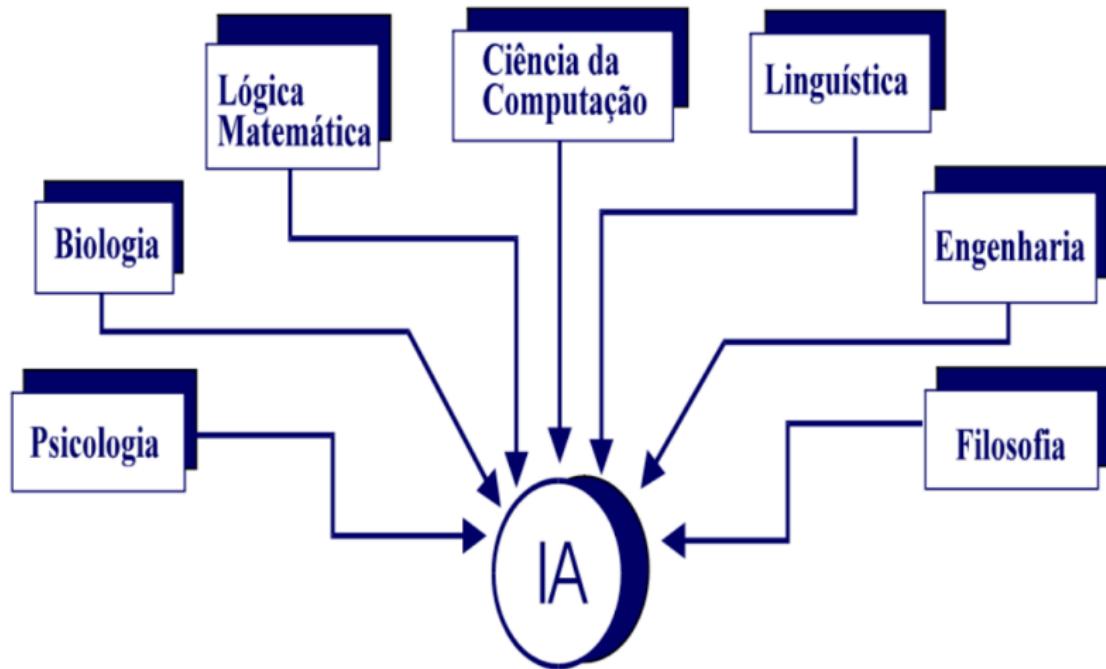
- ▶ **Pensar Humanamente:** Modelagem da mente humana.
- ▶ **Pensar Racionalmente:** Uso de lógica e raciocínio formal.
- ▶ **Agir Humanamente:** Comportamento que imita humanos (Teste de Turing).
- ▶ **Agir Racionalmente:** Ação baseada em raciocínio racional, independente da comparação com humanos.



└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

Áreas de Apoio para IA



└ Fundamentação

└ Conceitos Fundamentais

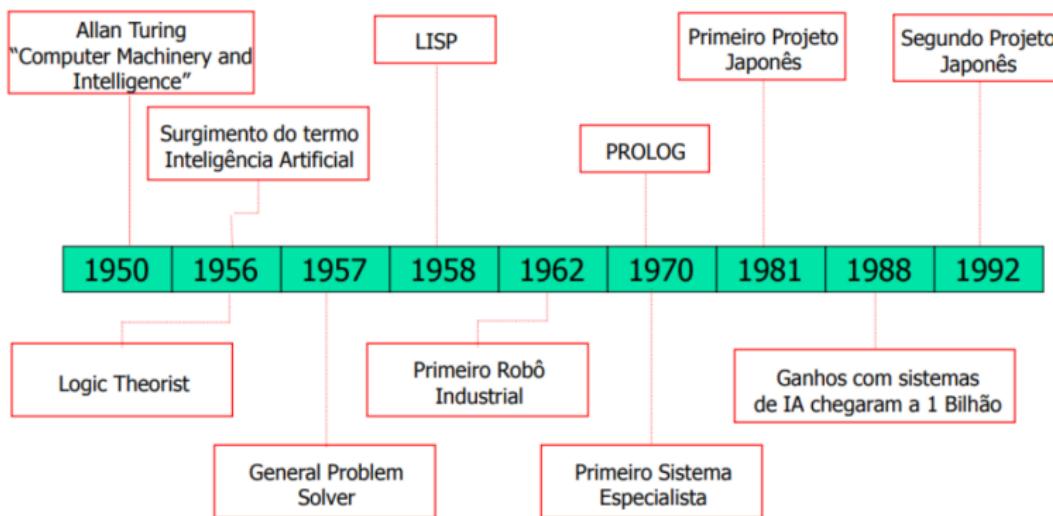
Sub-Áreas da IA



Fundamentação

Contexto Histórico

Linha do Tempo



└ Fundamentação

└ Contexto Histórico

Gestação da IA (1943–1955)

- ▶ Primeiro trabalho reconhecido como IA por Warren McCulloch e Walter Pitts (1943).
- ▶ Modelo de neurônios artificiais inspirado na fisiologia básica do cérebro.
- ▶ Donald Hebb (1949) propõe a regra de aprendizado hebbiana, ainda influente hoje.
- ▶ Marvin Minsky e Dean Edmonds constroem o primeiro computador de rede neural, o SNARC, em 1950.



└ Fundamentação

└ Contexto Histórico

Nascimento da IA (1956)

- ▶ John McCarthy organiza um workshop no Dartmouth College, considerado o nascimento oficial da IA.
- ▶ Proposta de estudo sobre como construir máquinas que simulam aspectos da inteligência.
- ▶ Participantes incluem Minsky, Shannon, Rochester e outros influentes na área.
- ▶ Criação do termo "Inteligência Artificial" por McCarthy.



└ Fundamentação

└ Contexto Histórico

Entusiasmo Inicial e Grandes Expectativas (1952–1969)

- ▶ Sucessos limitados, mas significativos, como o Logic Theorist de Newell e Simon.
- ▶ Desenvolvimentos como o General Problem Solver (GPS), que imitava protocolos de resolução de problemas humanos.
- ▶ Surgimento da hipótese do sistema de símbolos físicos como base para ação inteligente.
- ▶ Primeiros programas de IA para jogos e provas de teoremas, como o Theorem Prover de Gelernter e os programas de damas de Arthur Samuel.



└ Fundamentação

└ Contexto Histórico

O Retorno das Redes Neurais (1986–presente)

- ▶ Re-invenção do algoritmo de retropropagação no meio dos anos 1980.
- ▶ Confronto entre modelos conexionistas e simbólicos.
- ▶ Convergência de abordagens conexionistas e simbólicas, com bifurcação em duas áreas: arquiteturas eficazes e modelagem empírica.



└ Fundamentação

└ Contexto Histórico

Adoção do Método Científico (1987–presente)

- ▶ Revolução no conteúdo e na metodologia da IA.
- ▶ Abandono do isolacionismo da IA e integração com outros campos como teoria da informação e modelagem estocástica.
- ▶ Importância crescente do método científico, rigor experimental e relevância para aplicações do mundo real.



Aplicações

- ▶ Apresenta exemplos de aplicações que mostram como a IA está sendo usada no mundo real.



Veículos Robóticos

- ▶ Exemplo: **STANLEY** - Carro robótico que venceu o DARPA Grand Challenge em 2005.
- ▶ Equipado com câmeras, radar, e laser para percepção do ambiente.
- ▶ Aplicações: Condução autônoma em terrenos difíceis.

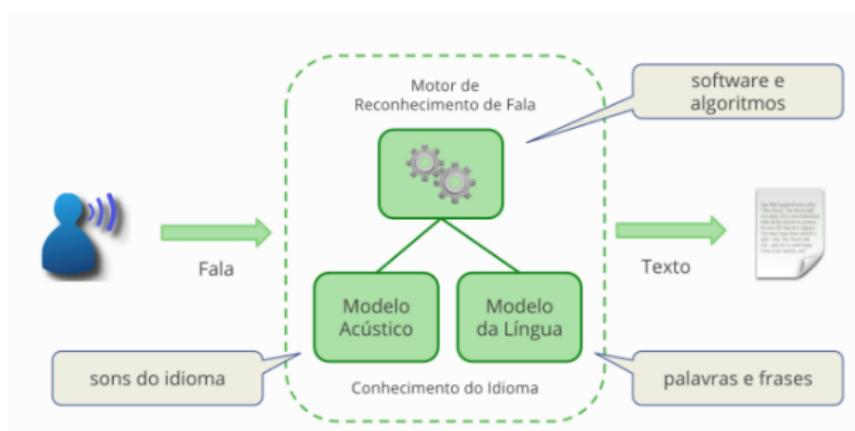


└ Fundamentação

└ Estado da Arte

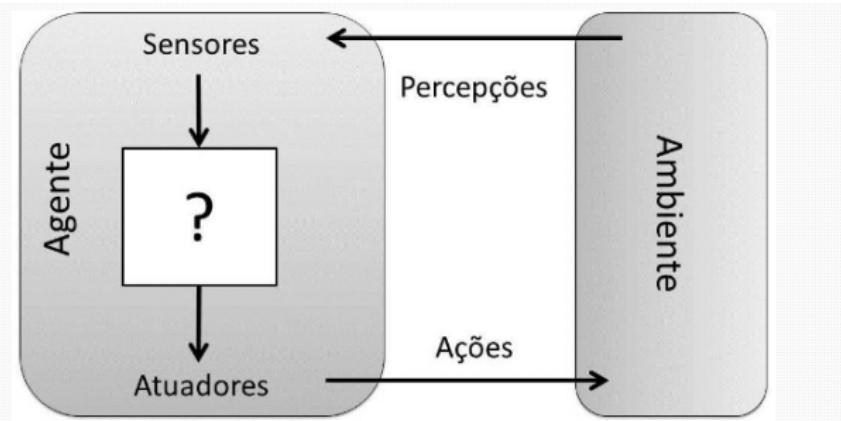
Reconhecimento de Fala

- ▶ Exemplo: Sistema de reconhecimento de fala automatizado utilizado pela United Airlines.
- ▶ Aplicações: Atendimento ao cliente e interação homem-máquina.
- ▶ Desafios: Compreensão de diferentes sotaques e padrões de fala.



Planejamento e Agendamento Autônomo

- ▶ Exemplo: **Remote Agent** da NASA - Primeiro programa autônomo a controlar as operações de uma espaçonave.
- ▶ Funções: Geração de planos, monitoramento e correção de falhas.
- ▶ Sucessor: **MAPGEN** - Planejamento diário das operações dos Rovers em Marte.



Jogos

- ▶ Exemplo: **DEEP BLUE** - Computador da IBM que derrotou Garry Kasparov no xadrez em 1997.
- ▶ Impacto: Demonstração do poder da IA em resolver problemas complexos e de alto desempenho.



Luta Contra Spam

- ▶ Uso de algoritmos de aprendizado de máquina para classificar mensagens como spam.
- ▶ Importância: Protege os usuários de e-mails indesejados, que podem representar até 90% do volume total.
- ▶ Desafio contínuo: Adaptação às novas táticas dos spammers.



Planejamento Logístico

- ▶ Exemplo: **DART** - Ferramenta utilizada pelas forças armadas dos EUA durante a crise do Golfo Pérsico de 1991.
- ▶ Funções: Planejamento e agendamento automatizado de logística, envolvendo milhares de veículos e pessoas.
- ▶ Benefícios: Redução significativa no tempo necessário para gerar planos logísticos complexos.



Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLM)

- ▶ Exemplo: **Gemini** e **GPT-4** - Modelos de linguagem treinados em grandes volumes de texto.
- ▶ Aplicações: Assistentes virtuais, geração de texto, tradução automática e criação de conteúdo.
- ▶ Capacidade: Entendimento e geração de linguagem natural com alto grau de coerência e relevância.
- ▶ Desafios: Preocupações éticas, vieses nos dados de treinamento e uso responsável.



Conclusão

- ▶ A IA já está integrada em muitas áreas da sociedade, desde veículos autônomos até sistemas de atendimento ao cliente.
- ▶ Os exemplos apresentados mostram o impacto significativo que a IA já tem em nosso dia a dia.



└ Agentes Inteligentes

└ Conceitos Fundamentais

Agentes Inteligentes



└ Agentes Inteligentes

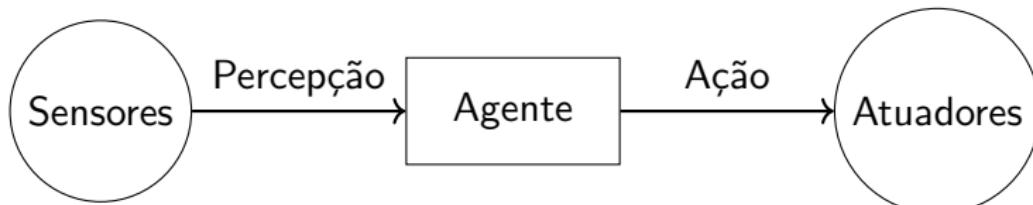
└ Conceitos Fundamentais

Definição de Agente

- ▶ **Agente:** Entidade que percebe seu ambiente por meio de sensores e age sobre ele por meio de atuadores.
- ▶ Representação básica:

Percepção → Processamento → Ação

$$\{s_1, s_2, \dots, s_n\} \rightarrow f \rightarrow \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$$



└ Agentes Inteligentes

 └ Conceitos Fundamentais

Comportamento do Agente

- ▶ O **comportamento** de um agente é descrito por uma **função** que mapeia uma sequência de percepções em uma ação.
- ▶ **Função de Agente:** $f : P^* \rightarrow A$
 - ▶ Onde P^* é o conjunto de todas as sequências de percepções possíveis e A é o conjunto de ações.



└ Agentes Inteligentes

└ Conceitos Fundamentais

Agente Inteligente

Um **agente inteligente** é um agente que:

- ▶ Toma decisões autônomas para atingir objetivos.
- ▶ Utiliza raciocínio e aprendizado para melhorar seu desempenho.

Racionalidade

Um agente é **racional** se ele escolhe a ação que maximiza sua **função de utilidade**:

$$\text{Ação ótima} = \arg \max_{a \in A} \sum_{s'} P(s' | s, a) \cdot U(s')$$

onde:

- ▶ s é o estado atual.
- ▶ s' é o estado futuro.
- ▶ $P(s' | s, a)$ é a probabilidade de transição.
- ▶ $U(s')$ é a utilidade do estado s' .



└ Agentes Inteligentes

└ Conceitos Fundamentais

Autonomia

Um agente é **autônomo** se:

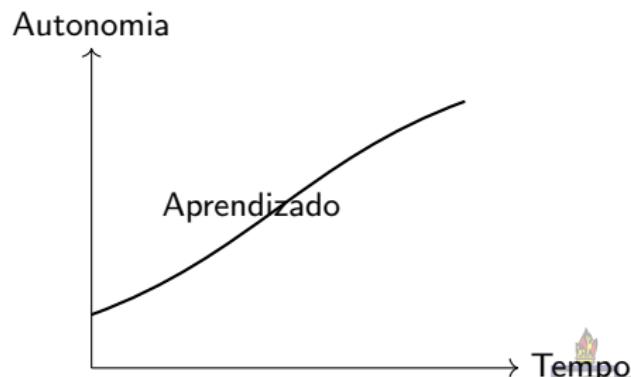
- ▶ Opera sem intervenção humana direta.
- ▶ Adapta-se a mudanças no ambiente.

Exemplo Matemático

Seja E o ambiente e K o conhecimento do agente. A autonomia pode ser modelada como:

$$\text{Ação autônoma} = f(E, K)$$

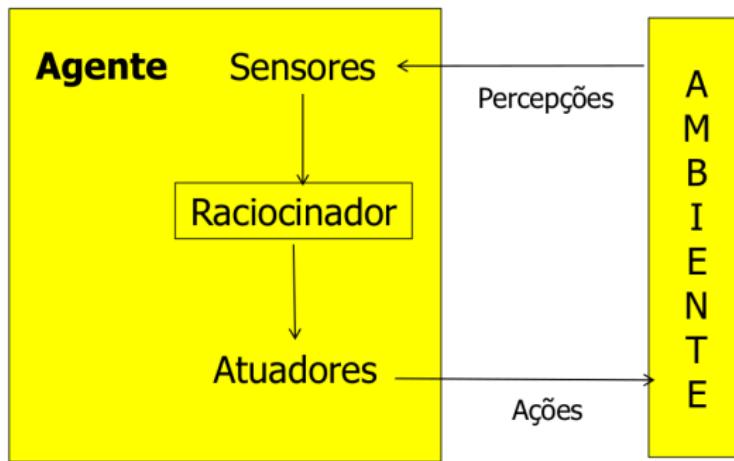
onde f é a função de decisão do agente.



└ Agentes Inteligentes

└ Conceitos Fundamentais

Diagrama de um Agente



- ▶ Este diagrama ilustra como um agente interage com seu ambiente: o agente recebe percepções e executa ações.



└ Agentes Inteligentes

└ Conceitos Fundamentais

Percepção e Ação

- ▶ **Sensores:** Dispositivos ou métodos para coletar dados do ambiente.
 - ▶ Exemplos: câmeras, microfones, sensores de temperatura, acelerômetros.
- ▶ **Atuadores:** Mecanismos que permitem ao agente agir sobre o ambiente.
 - ▶ Exemplos: motores, braços robóticos, alto-falantes.
- ▶ **Processamento de Sinais:** Técnicas para interpretar dados sensoriais.
 - ▶ Aplicações incluem: filtragem de ruído, análise de padrões e extração de características relevantes.



Definição de Racionalidade

- ▶ Um agente é racional se agir de forma a maximizar a medida de desempenho, com base nas percepções e no conhecimento disponível.
- ▶ A racionalidade depende da percepção, conhecimento e possíveis ações do agente.



└ Agentes Inteligentes
└ Racionalidade

Exemplo: Agente Aspirador de Pó

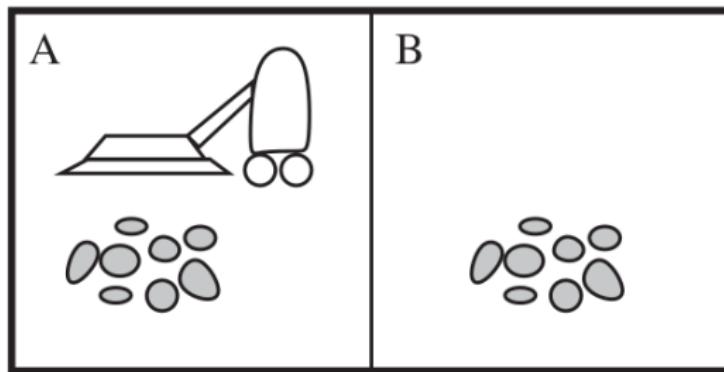


Figura: Aspirador



Exemplo: Agente Aspirador de Pó

- ▶ Considere o agente aspirador de pó que limpa um quadrado se estiver sujo e se move para outro quadrado se estiver limpo.
- ▶ A função do agente é tabulada

Sequência de percepções	Ação
[A, Limpio]	Aspirar
[A, Sujo]	Direita
[B, Limpio]	Aspirar
[B, Sujo]	Esquerda
[A, Limpio], [A, Limpio]	Aspirar
[A, Limpio], [A, Sujo]	Direita
.	Aspirar
.	Direita
.	Aspirar
[A, Limpio], [A, Limpio], [A, Limpio]	Direita
[A, Limpio], [A, Limpio], [A, Sujo]	Aspirar

Figura: Tabela parcial da função de um agente simples no mundo do aspirador de pó .



└ Agentes Inteligentes

└ Racionalidade

Medida de Desempenho

- ▶ A qualidade do comportamento de um agente é avaliada por uma medida de desempenho pré-definida.
- ▶ Exemplo: No mundo do aspirador de pó, uma possível medida de desempenho é o número de quadrados limpos ao longo de 1000 passos de tempo.



└ Agentes Inteligentes

 └ Racionalidade

Medida de Desempenho

- ▶ *Como regra geral, é melhor projetar medidas de desempenho de acordo com o resultado realmente desejado no ambiente , em vez de criá-las de acordo com o comportamento esperado do agente*



Fatores que Influenciam a Racionalidade

- ▶ Percepções: O que o agente percebe a partir de seu ambiente.
- ▶ Conhecimento: Informações que o agente tem sobre o ambiente.
- ▶ Ações Possíveis: As ações que o agente pode realizar em resposta às suas percepções.
- ▶ Sequência de Percepções: A sequência de percepções passadas pode influenciar a decisão do agente.



└ Agentes Inteligentes

└ Racionalidade

Racionalidade e Optimalidade

- ▶ Racionalidade: Foca em maximizar o desempenho esperado com base nas percepções e conhecimentos disponíveis.
- ▶ Optimalidade: Envolve alcançar o melhor resultado possível, considerando todas as informações e recursos.
- ▶ Nem sempre a racionalidade leva à optimalidade devido a limitações de tempo, conhecimento ou recursos.



Racionalidade do agente

- ▶ A rationalidade de um agente depende de quatro fatores principais:
 - ▶ A medida de desempenho que define o critério de sucesso.
 - ▶ O **conhecimento prévio** do agente sobre o ambiente.
 - ▶ As **ações** que o agente pode realizar.
 - ▶ A sequência de **percepções** que o agente teve até o momento.
- ▶ Isso conduz a uma **definição de um agente racional**:
 - ▶ *Um agente racional escolhe uma ação que maximiza sua medida de desempenho esperada com base nas evidências fornecidas pelas percepções e no conhecimento disponível.*



Medida de Desempenho

- ▶ Define o critério de sucesso para um agente.
- ▶ Pode variar dependendo do ambiente e dos objetivos do agente.
- ▶ Exemplo: No mundo do aspirador de pó, uma medida de desempenho pode ser a quantidade de sujeira removida em um determinado período.



Conhecimento Prévio

- ▶ O que o agente sabe sobre o ambiente antes de começar a operar.
- ▶ Inclui modelos do ambiente, regras de interação, e experiências passadas.
- ▶ Exemplo: Um agente de navegação pode conhecer a disposição das ruas, mas não as condições de tráfego em tempo real.



└ Agentes Inteligentes
└ Racionalidade

Ações Possíveis

- ▶ As ações que o agente pode realizar em resposta às percepções.
- ▶ A racionalidade de um agente inclui considerar todas as ações possíveis e escolher a melhor delas.
- ▶ Exemplo: Um robô móvel pode escolher entre avançar, virar ou parar com base nas percepções de seu sensor.



└ Agentes Inteligentes

 └ Racionalidade

Sequência de Percepções

- ▶ A sequência de percepções passadas pode influenciar as decisões futuras do agente.
- ▶ Um agente racional utiliza essa sequência para atualizar seu conhecimento e refinar suas decisões.
- ▶ Exemplo: Um agente de investimento pode ajustar sua estratégia com base em padrões observados no mercado.



└ Agentes Inteligentes

 └ Onisciência

Racionalidade vs. Onisciência

- ▶ Racionalidade: Um agente racional escolhe ações que maximizam a medida de desempenho esperada com base nas percepções e no conhecimento disponível.
- ▶ Onisciência: Um agente onisciente saberia o resultado real de suas ações, mas isso é impossível na prática.
- ▶ Exemplo: Um agente cruza a rua sem saber que um objeto pode cair de um avião; não é irracional, pois não tem como prever o acidente.



└ Agentes Inteligentes
└ Onisciência

Perfeição vs. Racionalidade

- ▶ Racionalidade maximiza o desempenho esperado, enquanto perfeição maximiza o desempenho real.
- ▶ A exigência de perfeição tornaria impossível projetar agentes práticos, pois não podem prever todos os resultados futuros.



└ Agentes Inteligentes

 └ Onisciência

Aprendizado e Autonomia

- ▶ Aprendizado: Um agente racional deve ser capaz de aprender com suas percepções para melhorar seu desempenho ao longo do tempo.
- ▶ Autonomia: Um agente deve ser capaz de operar com base em sua experiência, em vez de depender apenas do conhecimento pré-programado.
- ▶ Exemplo: Um agente de limpeza que explora um ambiente desconhecido para descobrir as melhores práticas de limpeza.



└ Agentes Inteligentes

 └ Natureza dos ambientes

Definição do Ambiente de Tarefa

- ▶ O ambiente de tarefa de um agente inclui todos os aspectos externos ao agente que são relevantes para a definição do problema que ele deve resolver.
 - ▶ Ao projetar um agente, a primeira etapa deve ser sempre especificar o ambiente de tarefa chamado de **PEAS**
- ▶ **PEAS:**
 - ▶ P: Performance Measure (Medida de Desempenho)
 - ▶ E: Environment (Ambiente)
 - ▶ A: Actuators (Atuadores)
 - ▶ S: Sensors (Sensores)



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

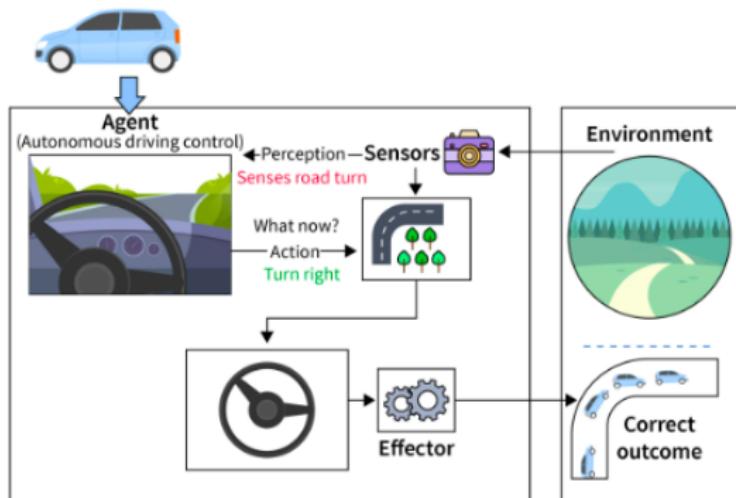
Exemplo de PEAS: Agente Aspirador de Pó

- ▶ Medida de Desempenho: Quantidade de sujeira removida, tempo gasto, energia consumida.
- ▶ Ambiente: Ambiente doméstico com áreas limpas e sujas.
- ▶ Atuadores: Motores de movimentação e sistema de sucção.
- ▶ Sensores: Sensores de sujeira, sensores de parede, sensores de localização.



PEAS para Diferentes Ambientes

- Agente de Condução Autônoma(ex: Uber):
 - P: Segurança, conformidade com as regras de trânsito, eficiência.
 - E: Ruas, outros veículos, pedestres, sinais de trânsito.
 - A: Motores, volante, freios.
 - S: Câmeras, radar, GPS, sensores de velocidade.



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

PEAS para Diferentes Ambientes

- ▶ Agente de Diagnóstico Médico:
 - ▶ P: Precisão do diagnóstico, tempo de resposta.
 - ▶ E: Histórico do paciente, sintomas apresentados, resultados de exames.
 - ▶ A: Interface de comunicação, recomendações de tratamento.
 - ▶ S: Entrada de dados de sintomas, resultados laboratoriais.



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

Tabela de Exemplos de PEAS

Agente	P	E	A	S
Aspirador de Pó	Limpeza	Casa	Motores, Sucção	Sensores de sujeira
Condução Autônoma	Segurança	Ruas	Volante, Freios	Câmeras, radar
Diagnóstico Médico	Precisão	Clínicas	Recomendações	Entrada de dados
Robô de Entrega de Pacotes				

Tabela: Exemplos de PEAS para diferentes tipos de agentes.



└ Agentes Inteligentes

 └ Natureza dos ambientes

Especificando o Ambiente de Tarefa

- ▶ A especificação clara do ambiente de tarefa é crucial para o design e a implementação de agentes racionais.
- ▶ Compreender os componentes do PEAS ajuda a definir os requisitos e as restrições de cada agente.
- ▶ Impacta diretamente na escolha de algoritmos e na arquitetura do agente.



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

Tarefa 1: Robô de Entrega de Pacotes na UFPA de Cametá

Imagine que você está desenvolvendo um robô autônomo capaz de entregar pacotes em um campus universitário. O robô deve navegar pelos prédios, evitar obstáculos, e garantir que os pacotes sejam entregues no local certo.



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

Questão 1: Medida de Desempenho (Performance Measure)

- ▶ Como você definiria a medida de desempenho para este robô de entrega?
- ▶ Quais métricas devem ser usadas para avaliar se o robô está executando bem sua tarefa?



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

Questão 2: Ambiente (Environment)

- ▶ Descreva o ambiente no qual o robô operará.
- ▶ Quais são os elementos do ambiente que o robô precisará considerar ao tomar decisões?



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

Questão 3: Atuadores (Actuators)

- ▶ Quais atuadores o robô precisará para realizar suas ações?
- ▶ Considere todos os tipos de movimentos e interações que o robô terá com o ambiente.



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

Questão 4: Sensores (Sensors)

- ▶ Quais sensores o robô precisará para perceber o ambiente e tomar decisões informadas?
- ▶ Considere tanto sensores para navegação quanto para interação com os objetos e pessoas.



└ Agentes Inteligentes

└ Natureza dos ambientes

Tabela de Exemplos de PEAS

Agente	P	E	A	S
Aspirador de Pó	Limpeza	Casa	Motores, Sucção	Sensores de sujeira
Condução Autônoma	Segurança	Ruas	Volante, Freios	Câmeras, radar
Diagnóstico Médico	Precisão	Clínicas	Recomendações	Entrada de dados
Robô de Entrega de Pacotes				

Tabela: Exemplos de PEAS para diferentes tipos de agentes.



└ Agentes Inteligentes

 └ Propriedades de ambientes de tarefas

Introdução às Propriedades dos Ambientes de Tarefa

- ▶ Compreender essas propriedades é crucial para o design de agentes racionais.



└ Agentes Inteligentes

└ Propriedades de ambientes de tarefas

Totalmente Observável vs. Parcialmente Observável

- ▶ Totalmente Observável: O agente tem acesso a todas as informações relevantes para tomar decisões.
- ▶ Parcialmente Observável: O agente tem informações incompletas ou imprecisas.
- ▶ Exemplo: Xadrez (totalmente observável) vs. Condução em neblina (parcialmente observável).



└ Agentes Inteligentes

└ Propriedades de ambientes de tarefas

Determinístico vs. Estocástico

- ▶ Determinístico: O próximo estado do ambiente é completamente determinado pelo estado atual e pela ação do agente.
- ▶ Estocástico: Há incerteza no resultado das ações; o próximo estado depende de **probabilidades**.
- ▶ Exemplo: Jogo de xadrez (determinístico) vs. Previsão do tempo (estocástico).

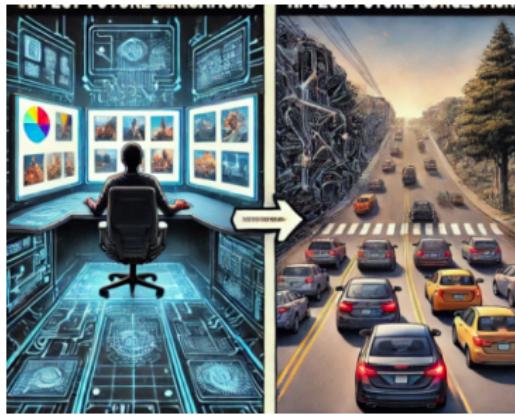


└ Agentes Inteligentes

└ Propriedades de ambientes de tarefas

Episódico vs. Sequencial

- ▶ Episódico: A decisão do agente em um episódio não afeta os episódios subsequentes.
- ▶ Sequencial: As ações tomadas pelo agente em um momento afetam as futuras decisões.
- ▶ Exemplo: Classificação de imagens (episódico) vs. Dirigir um carro (sequencial).



└ Agentes Inteligentes

└ Propriedades de ambientes de tarefas

Estático vs. Dinâmico

- ▶ Estático: O ambiente não muda enquanto o agente está deliberando.
- ▶ Dinâmico: O ambiente pode mudar enquanto o agente está deliberando.
- ▶ Exemplo: Resolver um quebra-cabeça (estático) vs. Jogar futebol (dinâmico).



└ Agentes Inteligentes

└ Propriedades de ambientes de tarefas

Discreto vs. Contínuo

- ▶ Discreto: O ambiente tem um número finito de estados ou ações possíveis.
- ▶ Contínuo: O ambiente tem uma quantidade infinita de estados ou ações.
- ▶ Exemplo: Jogo de tabuleiro (discreto) vs. Controle de um robô móvel (contínuo).



└ Agentes Inteligentes

└ Propriedades de ambientes de tarefas

Agente Único vs. Multiagente

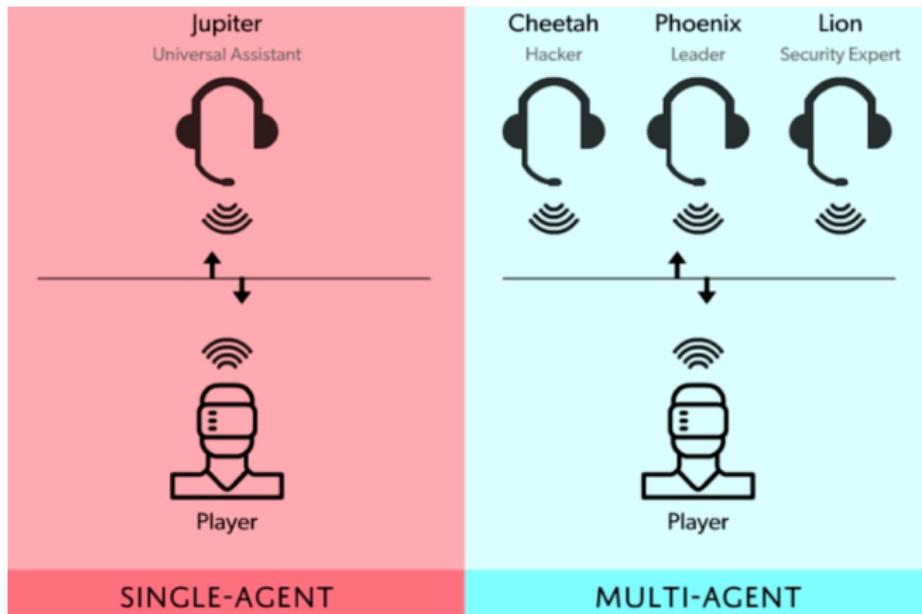
- ▶ Agente Único: O agente opera sozinho em seu ambiente.
- ▶ Multiagente: O ambiente contém outros agentes que podem ser cooperativos ou competitivos.
- ▶ Exemplo: Resolver um quebra-cabeça (agente único) vs. Jogar xadrez (multiagente).



Agentes Inteligentes

Propriedades de ambientes de tarefas

Agente Único vs. Multiagente



└ Agentes Inteligentes

 └ Propriedades de ambientes de tarefas

Outras Propriedades

- ▶ Ambientes Conhecidos vs. Desconhecidos:
 - ▶ Ambientes conhecidos têm regras e dinâmicas que o agente entende completamente.
 - ▶ Em ambientes desconhecidos, o agente precisa explorar para descobrir essas regras.
- ▶ Exemplo: Jogo de xadrez (conhecido) vs. Exploração de Marte (desconhecido).



└ Agentes Inteligentes

 └ Propriedades de ambientes de tarefas

Impacto no Design de Agentes

- ▶ As propriedades do ambiente de tarefa influenciam fortemente o design do agente.
- ▶ Escolher algoritmos e arquiteturas adequadas para lidar com as particularidades de cada ambiente é essencial.
- ▶ Caso mais difícil: **parcialmente observável, multiagente, estocástico, sequencial, dinâmico, contínuo e desconhecido**
 - ▶ Dirigir em um país desconhecido, com a geografia e leis desconhecidas.



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Estrutura dos Agentes

- ▶ O trabalho da IA é projetar um programa de agente que implementa a **função do agente**
 - ▶ mapeamento de percepções para ações.
- ▶ Este programa rodará em algum dispositivo de computação com sensores físicos e atuadores → **arquitetura**:
$$\text{agente} = \text{arquitetura} + \text{programa}$$
- ▶ Em breve iremos codificar em Python.



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Arquitetura e Programa de Agentes

- ▶ O programa deve ser adequado à arquitetura. Por exemplo, se o programa recomendar ações como "andar", a arquitetura deve ter pernas.
- ▶ A arquitetura pode ser um PC comum, um carro robótico com câmeras, sensores, etc.
- ▶ Em geral, a arquitetura:
 - ▶ Capta percepções dos sensores e as entrega ao programa.
 - ▶ O programa gera ações baseadas nas percepções.
 - ▶ A arquitetura executa essas ações por meio dos atuadores.



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

O que são Programas de Agentes?

- ▶ É o algoritmo que **controla as ações** de um agente.
- ▶ Ele **mapeia** as percepções do agente para as ações.
- ▶ O programa, **combinado com o ambiente**, define o comportamento do agente.



Exemplo

```
def program(percepts):  
    '''Retorna uma acao baseada na percepcao do  
    dog'''  
    for p in percepts:  
        if isinstance(p, Food):  
            return 'come'  
        elif isinstance(p, Water):  
            return 'bebe'  
    return 'fica deitado'
```

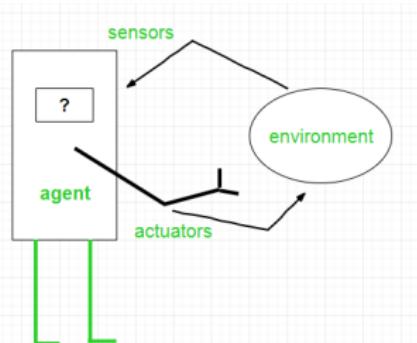


Agentes Inteligentes

Estrutura de Agente

Estrutura de um Programa de Agente

- ▶ A estrutura de um agente pode ser descrita como:
 - ▶ Sensores: Coletam informações sobre o ambiente.
 - ▶ Atuadores: Executam as ações no ambiente.
 - ▶ Programa de Agente: Processa as percepções e seleciona ações.
- ▶ A função de agente pode ser vista como $f : P \rightarrow A$, onde P são percepções e A são ações.



└ Agentes Inteligentes

└ Estrutura de Agente

Exemplo de PseudoCódigo: Programa de Agente

- ▶ A seguir, um exemplo de um programa de agente baseado **Tabela** de direção (semelhante do aspirador):

```
function TABLE-DRIVEN-AGENT(percept) returns action

PERSISTENT:
PERCEPTS--> a list, initially empty
TABLE--> a table of actions

append PERCEPT to the end of PERCEPTS
action = LOOKUP(PERCEPTS, TABLE)
return action
```

- ▶ Este programa toma decisões baseadas apenas na percepção atual do agente (local e status).



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Tipos de Programas de Agentes

- ▶ Existem diferentes tipos de programas de agentes, dependendo da complexidade e do ambiente:
 - ▶ Agentes Simples de Reflexo: Baseados apenas na percepção atual.
 - ▶ Agentes Baseados em Modelo: Mantêm um estado interno que rastreia informações sobre o ambiente.
 - ▶ Agentes Baseados em Objetivos: Tomam decisões com base nos objetivos que desejam alcançar.
 - ▶ Agentes Baseados em Utilidade: Consideram a utilidade de diferentes estados futuros.

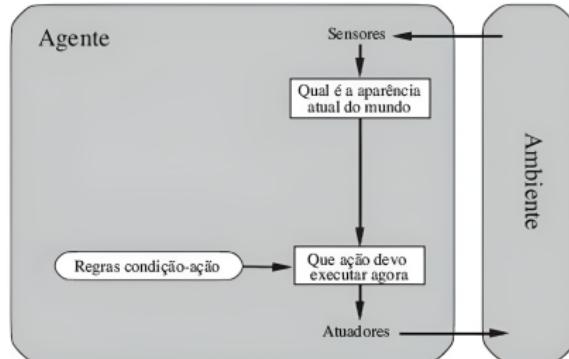


Agentes Inteligentes

Estrutura de Agente

Agentes Simples de Reflexo

- ▶ Esse tipo de agente escolhe ações com base na percepção atual e ignoram o histórico de percepções.
- ▶ Adequados para ambientes simples e totalmente observáveis.
- ▶ Limitação: Não funcionam bem em ambientes parcialmente observáveis.



- Agentes Inteligentes

- Estrutura de Agente

Exemplo de Código: Programa de Agente Simples

- ▶ A seguir, um exemplo de um programa simples de agente baseado em reflexo para um ambiente de aspirador de pó:

```
function REFLEX-AGENT([location, status]) returns an action
  if status = SUJO then return LIMPAR
  else if location = A then return DIREITA
  else if location = B then return ESQUERDA
```

- ▶ Este programa toma decisões baseadas apenas na percepção atual do agente (local e status de sujeira).



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Agentes Simples de Reflexo

- ▶ Quando esse tipo de agente Funcionará?



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Agentes Simples de Reflexo

- ▶ Quando esse tipo de agente Funcionará?
 - ▶ Somente se a decisão correta puder ser tomada baseada na percepção atual
 - ▶ Apenas se o ambiente for completamente observável



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Agentes Simples de Reflexo

- ▶ Se as Percepções forem removidas ou limitadas é possível tomar ações **aleatórias**
 - ▶ Ex: Sensor de posição do aspirador for removido
 - ▶ Solução: aleatoriedade

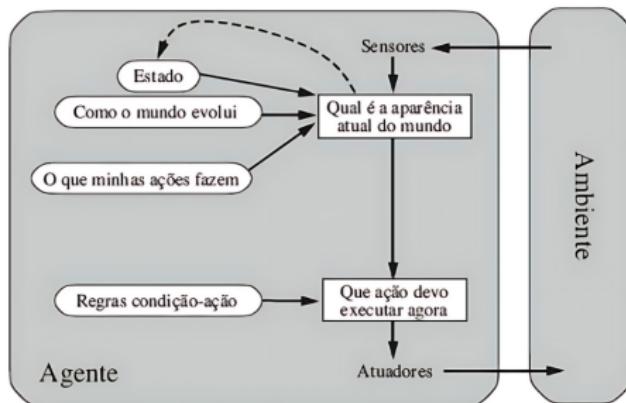


Agentes Inteligentes

Estrutura de Agente

Agentes Baseados em Modelo

- ▶ Mantêm um estado interno que representa parte do histórico de percepções.
- ▶ Usam esse estado interno para decidir as ações, mesmo quando a percepção atual é insuficiente.
- ▶ São mais robustos em ambientes parcialmente observáveis.



└ Agentes Inteligentes

└ Estrutura de Agente

Agentes Baseados em Modelos

Agentes baseados em modelos mantêm um modelo interno do ambiente para tomar decisões.

Modelo do Ambiente

O modelo interno pode ser representado por:

$$M : S \times A \rightarrow S$$

onde:

- ▶ S é o conjunto de estados.
- ▶ A é o conjunto de ações.



- Agentes Inteligentes

- Estrutura de Agente

Exemplo de Código

- ▶ Um exemplo de um programa de agente baseado em modelo:

```
function MODEL-BASED-REFLEX-AGENT(percept) returns action
```

PERSISTENT:

STATE--> a concepcao do agente do estado atual do mundo

MODEL--> descricao c/ proximo estado depende do atual e da acao

RULES--> um conjunto de regras

ACTION--> a acao mais recente, inicialmente nenhuma

```
STATE ← UPDATE-STATE(STATE, ACTION , percept , MODEL )
```

```
rule ← RULE-MATCH(STATE, RULES)
```

```
action ← rule.ACTION
```

```
return action
```

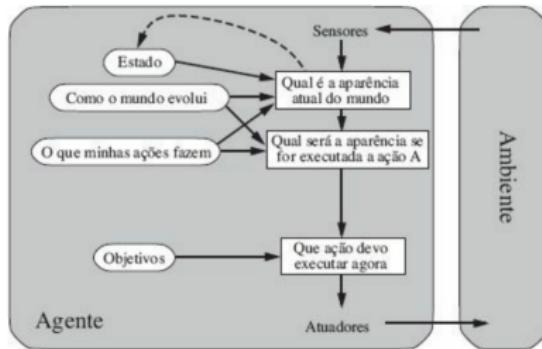


└ Agentes Inteligentes

└ Estrutura de Agente

O que são Agentes Baseados em Objetivos?

- ▶ Um agente baseado em objetivos escolhe ações que levam à realização de **objetivos específicos**.
- ▶ Ao contrário dos agentes simples, **eles consideram o resultado desejado** antes de decidir sobre uma ação.
- ▶ A capacidade de planejar e prever o resultado de ações futuras é crucial nesses agentes.



└ Agentes Inteligentes

└ Estrutura de Agente

Agentes Baseados em Objetivos

Agentes baseados em objetivos tomam decisões para alcançar objetivos específicos.

Função de Objetivo

A função de objetivo pode ser representada por:

$$G(s) = \begin{cases} 1 & \text{se } s \text{ é um estado objetivo,} \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$



└ Agentes Inteligentes

└ Estrutura de Agente

Diferença dos Agentes Simples x Objetivos

- ▶ Agentes baseados em objetivos diferem dos agentes simples, que escolhem ações com base apenas nas percepções atuais.
- ▶ Um agente baseado em objetivos considera não apenas o estado atual, **mas também o estado desejado (objetivo)**.
- ▶ Exemplo: *Um robô de entrega deve decidir a melhor rota para entregar um pacote a um local específico, em vez de apenas reagir ao ambiente imediato.*



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Estrutura de um Agente Baseado em Objetivos

- ▶ Um agente baseado em objetivos possui:
 - ▶ Sensores: Coletam percepções do ambiente.
 - ▶ Função de Objetivo: Define o estado final desejado.
 - ▶ Função de Decisão: Escolhe a melhor ação com base no estado atual e no objetivo.
 - ▶ Atuadores: Executam a ação selecionada no ambiente.



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Algoritmo de Busca para Agentes Baseados em Objetivos

- ▶ Agentes baseados em objetivos utilizam algoritmos de busca para encontrar um caminho ou solução que satisfaça o objetivo.
 - ▶ Um exemplo clássico é a busca em largura (BFS) para encontrar o caminho mais curto em um ambiente de grade:

```
function BFS(start, goal) returns a path
    frontier = [start]    // fila de NODOS a serem explorados
    explored = {}         // conjunto de NODOS explorados

    while frontier is not empty:
        node = frontier.pop()
        if node == goal then return solution

        for each neighbor in node.neighbors:
            if neighbor not in explored:
                frontier.push(neighbor)
                explored.add(neighbor)
```



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Vantagens dos Agentes Baseados em Objetivos

- ▶ Flexibilidade: Podem planejar e adaptar suas ações para alcançar objetivos complexos.
- ▶ Exploração de Soluções: São capazes de considerar várias alternativas para alcançar um objetivo.
- ▶ Capacidade de Planejamento: Agentes baseados em objetivos podem prever os resultados de várias ações antes de tomarem uma decisão.



└ Agentes Inteligentes

 └ Estrutura de Agente

Limitações e Desafios

- ▶ Complexidade Computacional: Buscar a solução ideal para um objetivo pode exigir grande poder computacional.
- ▶ Incerteza: Em ambientes estocásticos, prever o resultado exato de cada ação pode ser difícil.
- ▶ Necessidade de Atualização: O agente precisa ser capaz de atualizar seus planos quando surgirem novas informações ou mudanças no ambiente.



└ Agentes Inteligentes

└ Estrutura de Agente

Agentes Baseados em Utilidade

Agentes baseados em utilidade maximizam uma função de utilidade que mede a satisfação com os resultados.

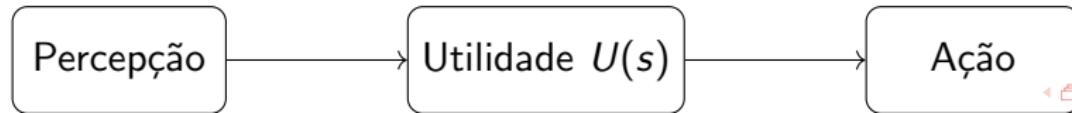
Função de Utilidade

A função de utilidade pode ser representada por:

$$U(s) = \sum_i w_i \cdot f_i(s)$$

onde:

- ▶ w_i são pesos.
- ▶ $f_i(s)$ são características do estado s .



Agentes Inteligentes

Estrutura de Agente

Agentes de Aprendizado

Agentes de aprendizado aprendem com a experiência para melhorar seu desempenho ao longo do tempo.

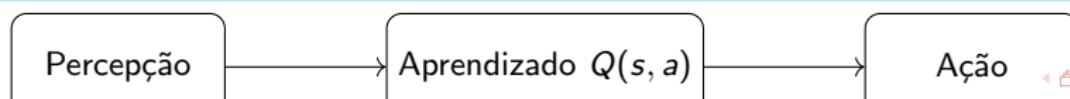
Função de Aprendizado

A função de aprendizado pode ser representada por:

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha \left[r + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a) \right]$$

onde:

- ▶ $Q(s, a)$ é a função de valor.
- ▶ α é a taxa de aprendizado.
- ▶ γ é o fator de desconto.
- ▶ r é a recompensa.



└ Implementação

└ Implementação de um agente

Bibliotecas Populares para Agentes Inteligentes em Python

► AIMA-Python

- ▶ Implementações de algoritmos e agentes do livro *Artificial Intelligence: A Modern Approach*.
- ▶ Link: <https://github.com/aimacode/aima-python>

► MESA

- ▶ Framework para simulação de agentes em ambientes 2D, útil para modelos baseados em agentes.
- ▶ Link: <https://mesa.readthedocs.io/en/stable/>

► PyAgents

- ▶ Biblioteca focada na criação e simulação de agentes inteligentes.
- ▶ Link: <https://github.com/emanuelen5/pyagents>



└ Implementação

 └ Implementação de um agente

Bibliotecas Populares para Agentes Inteligentes em Python

► SPADE (Smart Python Agent Development Environment)

- ▶ Plataforma para desenvolvimento de agentes inteligentes baseados no padrão FIPA.
- ▶ Link: <https://github.com/javipalanca/spade>

► FLARE (Framework for Language-Agnostic Reinforcement Learning)

- ▶ Framework focado em aprendizado por reforço, útil para desenvolvimento de agentes que aprendem.
- ▶ Link: <https://github.com/facebookresearch/flare>

► Gym (OpenAI)

- ▶ Biblioteca de simulações e ambientes para desenvolvimento e treinamento de agentes com aprendizado por reforço.
- ▶ Link: <https://gym.openai.com/>



└ Implementação

 └ Implementação de um agente

Codificação de um Agente

- ▶ Python
- ▶ Códigos estão disponíveis no github.



Referências I

-  Chollet, F. (2021). Deep Learning with Python, Second Edition. Shelter Island, NY: Manning Publications.
-  Géron, A. (2019). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. Sebastopol, CA: O'Reilly Media..
-  Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4^a ed.). Hoboken, NJ: Pearson.
-  Moroney, L. (2020). AI and Machine Learning for Coders. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.





Inteligência Artificial

Professor: Elton Sarmanho¹

E-mail: eltonss@ufpa.br



¹Faculdade de Sistemas de Informação - UFPA/CUNTINS

26 de janeiro de 2025