

Aguardando a  
entrada de alunos



[www.belan.pro.br](http://www.belan.pro.br)

Material de apoio



# INTRODUÇÃO À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PLATAFORMAS COGNITIVAS

Introdução

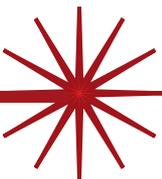
Prof. Dr. Peterson Belan

# Agradecimentos:

---

- ▶ **Prof. Dr. Sidnei Alves de Araújo**
- ▶ **Prof. Dr. Alessandro Melo Deana**

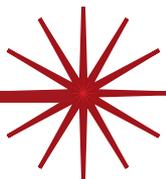
Por compartilhar o material para ministrar este curso.



# Conteúdo

---

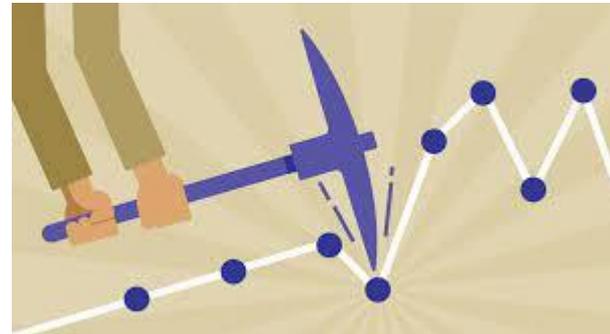
- Definições, conceitos, histórico e técnicas de IA
- Resolução de problemas por meio de busca no espaço de estados: conceitos, aplicações e algoritmos (menor custo, Dijkstra, melhor estimativa e A\*)
- Aplicações de algoritmos de busca em problemas de roteirização
- Algoritmos Genéticos (AG): conceitos e aplicações
- Aplicações de AG em problemas de otimização
- Aplicações de AG em Ciência de Dados
- Árvores de Decisão (AD): conceitos, aplicações e algoritmos
- Aplicações de AD em Ciência de Dados
- Sistemas Especialistas (SE) e Raciocínio Baseado em Casos (RBC): conceitos e aplicações
- Lógica *Fuzzy*: conceitos e aplicações
- Implementação de um controlador Fuzzy



# Algumas aplicações que abordaremos

---

- ▶ **Roteirização (pessoas, veículos, etc)**
- ▶ **Otimização e controle de processos**
- ▶ **Ferramentas de auxílio à decisão**
- ▶ **Ciência de Dados (Data Science) / Mineração de dados (Data Mining)**



# Referências bibliográficas

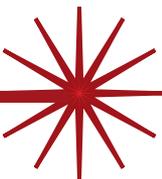
---

## **BIBLIOGRAFIA BÁSICA:**

- [1] RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. Inteligência artificial . 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

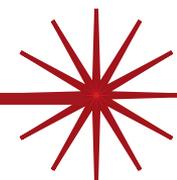
## **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR:**

- [1] RICH, E. Inteligência Artificial. 2a ed., Makron Books, 1994.
- [2] BARRETO, J. M. Inteligência Artificial – No limiar do século XXI, 2001



# O que é IA?

---



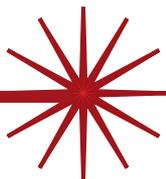
# O que é IA?

---



Em geral, os dicionários da língua portuguesa definem inteligência como sendo a “faculdade de aprender, compreender e adaptar-se” e apresentam pelo menos mais três acepções distintas para esse termo:

- teológica: “dom divino que nos torna semelhantes ao Criador”;
- filosófica: “princípio abstrato que é a fonte de toda a intelectualidade”;
- psicológica: “capacidade de resolver problemas novos com rapidez e êxito”.

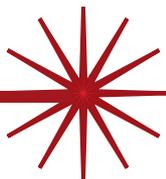


# O que é IA?

---



Você pode provar que um computador é inteligente ?

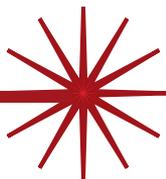


# O que é IA?

---



Você pode provar que VOCÊ é inteligente ?



# O que é IA?

---

Como podemos perceber, não há consenso sobre o significado de inteligência e, dessa forma, definir precisamente o que é inteligência artificial. Trata-se de uma tarefa, se não impossível, pelo menos extremamente difícil.

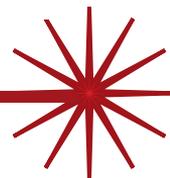
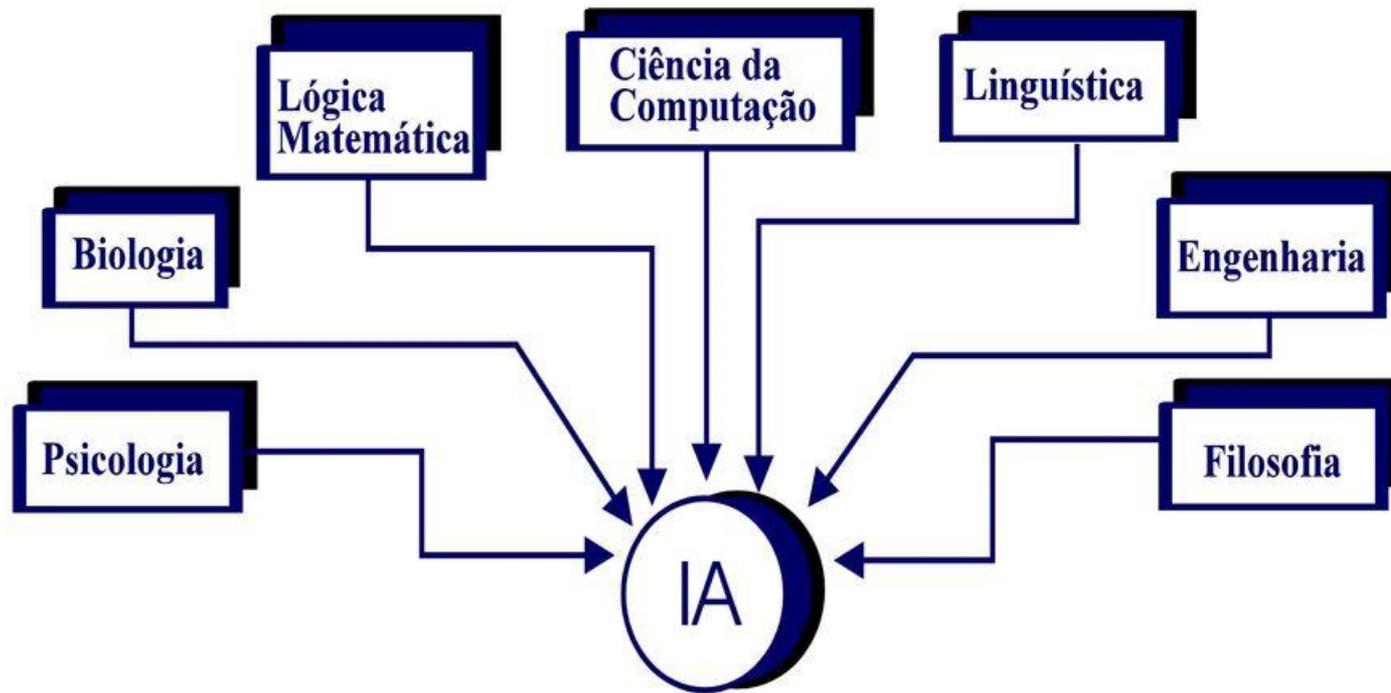
Entretanto, podemos definir Inteligência Artificial (IA), enquanto disciplina do conhecimento humano.

Segundo Russell & Norvig, as definições de IA, encontradas na literatura científica, podem ser agrupadas em quatro categorias principais:

- (a) sistemas que pensam como humanos
  - (b) sistemas que agem como humanos
  - (c) sistemas que pensam logicamente
  - (d) sistemas que agem logicamente
- } Empírico, hipotético e experimental
- } Lógico, formal, exato



# Áreas de Apoio para IA



# O que é IA?

---

**Inteligência:** “faculdade de aprender, compreender e adaptar-se”

**Artificial:** “não natural, feito pelo homem”

**Inteligência + Artificial = ?**

**IA** pode ser definida como um ramo da ciência da computação no qual se busca, através de algoritmos computacionais, construir mecanismos/métodos/ abordagens/modelos e/ou dispositivos que simulem a capacidade do ser humano de resolver problemas



# Algumas definições da literatura

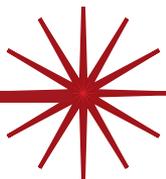
---

“IA é o estudo das faculdades mentais com o uso de modelos computacionais”. (*Cherniack and McDermott, 1985*)

“IA é o estudo dos conceitos que permitem aos computadores serem inteligentes”. (*Winston, 1992*)

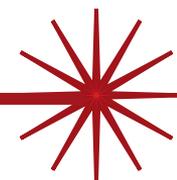
“IA é o estudo de como fazer os computadores realizarem coisas que, no momento, as pessoas fazem melhor”. (*Rich and Knight, 1994*)

“O campo de IA tenta não apenas compreender, mas também construir entidades inteligentes” (Russel, 2004)



# Algumas definições

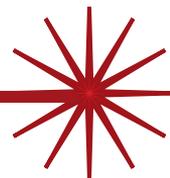
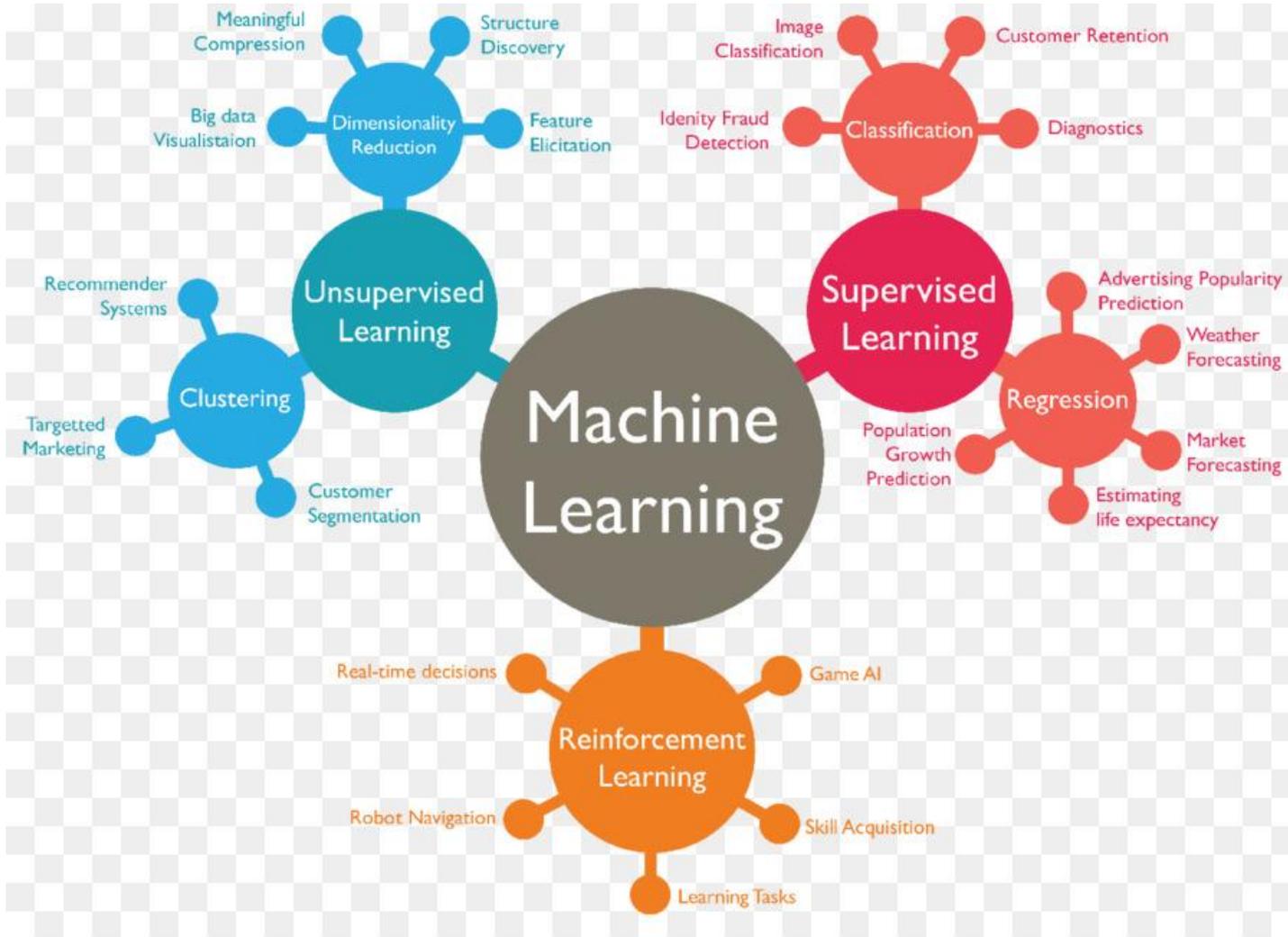
## IA x Aprendizagem de Máquina x Ciência de Dados



# Algumas definições da literatura



# Algumas definições da literatura

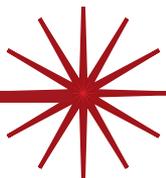


# Algumas definições

---

Quanto ao aprendizado, as técnicas de IA ou AM podem ser:

- ▶ **Supervisionadas:** durante o treinamento devem responder um target, ou seja, há uma resposta esperada para cada instância de treinamento (dados de treinamento);
- ▶ **Não-supervisionadas:** busca-se identificar grupos ou padrões a partir dos dados de treinamento, sem a necessidade de se ter a resposta esperada para cada instância.
- ▶ **Por reforço:** durante o aprendizado a melhor ação é escolhida, dependendo das circunstâncias na qual ela será executada. Em outras palavras, leva-se em consideração incertezas causadas por eventuais mudanças no ambiente em que as ações são tomadas.



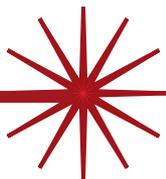
# Histórico da IA

## Anos 40

- Necessidade do avanço tecnológico para o combate bélico.
- Início da inteligência artificial tradicional, baseada em regras;
- Início dos jogos por computador;
- Em 1943 MacCulloch e Pitts propuseram o neurônio artificial
- Em 1949 Donald Hebb publica teoria de aprendizado para explicar os processos cognitivos.

## Anos 50

- Alan Turing propôs o famoso teste (Teste de Turing)
- Iniciou-se o estudo, na linha de pesquisa psicológica;
- Utilização da lógica de estratégia para finalidades matemáticas, como a prova de teoremas;
- Iniciou-se a modelagem através de regras de produção, baseadas na lógica de predicados.
- Aperfeiçoamento do que já existia: jogos, aplicações matemática e simuladores;
- Implementação do primeiro modelo de **Rede Neural Artificial (RNA)** - *Perceptron*;



# Histórico da IA

## Anos 60

- Na linha biológica, prosseguiram os desenvolvimentos das RNA's com o aprimoramento do *Perceptron* e o surgimento de uma variante, o *Adaline*.
- Início dos estudos sobre **Processamento de Linguagem Natural (PLN)**.
- Em 1965 o eng. elétrico Lotfi A. Zadeh publica o artigo “Fuzzy Sets”, dando início à *Lógica Fuzzy*.
- Em 1969, Marvin Minsky e Sigmour Papert publicaram um livro denominado “*Perceptrons*” com intuito de ridicularizar as pesquisas em torno das redes neurais artificiais.

## Anos 70

- Para a linha biológica, esta foi uma década muito ruim.
- Os **Sistemas Especialistas (SE's)** são os responsáveis pela ampliação da Inteligência Artificial Tradicional.
- Em 1975 os **Algoritmos Genéticos (AG)** foram formalmente introduzidos por John Holland.



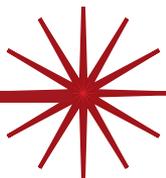
# Histórico da IA

## Anos 80

- As RNA's tiveram seu reconhecimento recuperado através do físico Jonh Hopfield, o qual propôs, em 1982 um novo modelo (Hopfield).
- Primeiros estudos sobre **Raciocínio Baseado em Casos (RBC)**. O primeiro sistema RBC (Cyrus) foi desenvolvido em 1983 por Janet Kolodner.
- Proposição dos modelos de **Árvore de Decisão (AD)** CART (1984) e ID3 (1986).
- Em 1986 foi proposto o algoritmo *Backpropagation*, que ampliava o potencial do Perceptron de modo a permitir a superação das limitações do modelo primitivo.
- Em 1987 o Cientista da Computação Chris Langton, redescobriu os autômatos celulares (AC's). O autômato celular foi idealizado por John Von Newmann.

## Anos 90

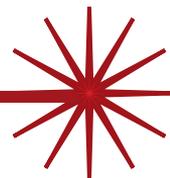
- Proposição do modelo de Árvores de Decisão C4.5 (1993).
- As RNA's tiveram uma explosão exponencial de aplicações e desenvolvimento de modelos.
- Reconhece-se, que os paradigmas biológico e psicológico são complementares e necessários para sistemas mais evoluídos.
- Construção dos chamados *Sistemas Híbridos*.



# Histórico da IA

## A partir dos anos 2000 até os dias atuais

- *Machine learning* (novas técnicas/métodos/abordagens)
- **Aprendizagem profunda** (*deep learning*) – evolução das RNA's
- **Ciência de dados**
- **Big data**

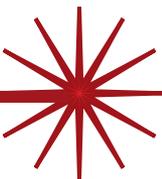


# Paradigmas da Inteligência Artificial

## • IA Simbólica :

- baseia-se na hipótese do sistema de símbolos físicos, segundo a qual um conjunto de estruturas simbólicas e um conjunto de regras de manipulação dessas estruturas são os meios necessários e suficientes para se criar inteligência. Essa abordagem trata problemas bem definidos (e.g., planejamento de tarefas)

Sistemas especialistas, lógica fuzzy

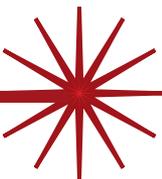


# Paradigmas da Inteligência Artificial

- IA Conexionista

- baseia-se na hipótese de causa-efeito, segundo a qual um modelo suficientemente preciso do cérebro humano é suficiente para reproduzir a inteligência que o homem possui. Essa abordagem trata de problemas imprecisos, mas que podem ser definidos através de exemplos (e.g., reconhecimento de caligrafia)

Redes neurais artificiais, *Deep Learning*

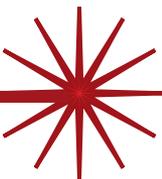


# Paradigmas da Inteligência Artificial

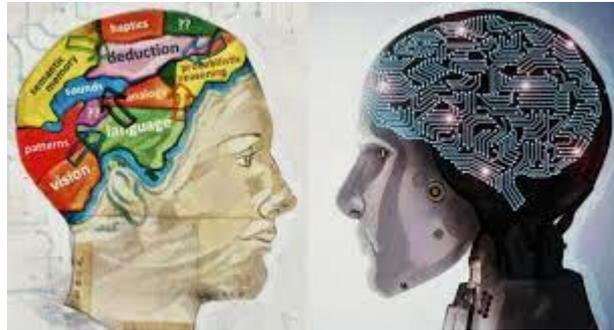
## IA Evolucionária

- baseia-se na teoria evolutiva de Darwin, a hipótese é que podemos modelar sistemas inteligentes simulando a evolução de uma população de indivíduos (aleatórios), que carregam genes com informação suficiente para dar origem à solução de um problema, usando operações genéticas de recombinação e mutação. Essa abordagem trata de problemas de otimização (e.g., escalonamento de produção)

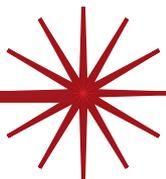
Algoritmos genéticos, autômatos celulares



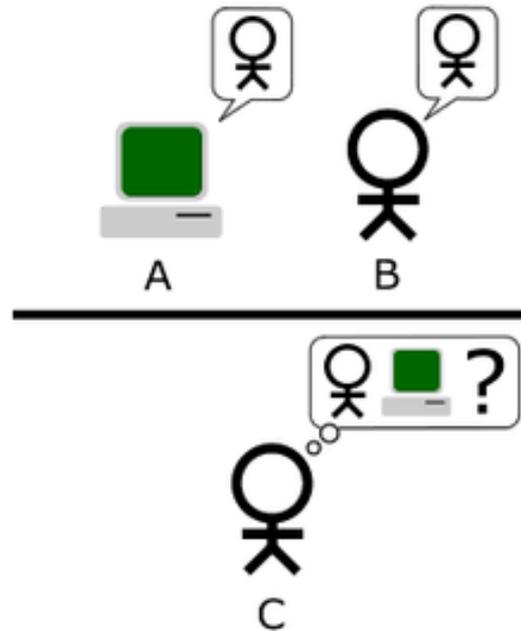
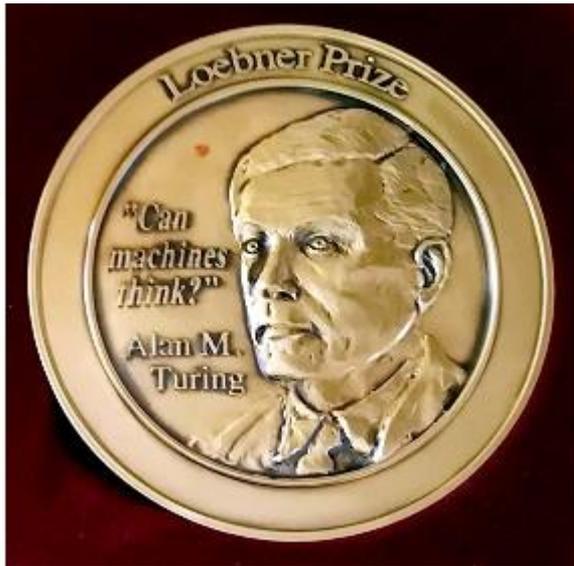
# Paradigmas da Inteligência Artificial



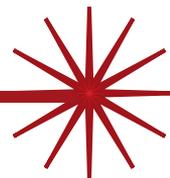
Há também uma quarta abordagem, denominada **IA Híbrida**, na qual se combina ferramentas de diferentes abordagens para se obter uma solução para um determinado problema.



# O famoso teste de Turing ...



As máquinas podem agir com inteligência?

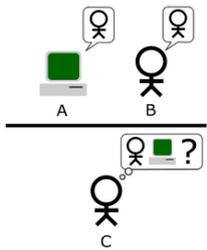


# O famoso teste de Turing ...

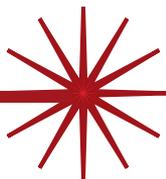


Conforme Russell & Norvig observam, programar sistema de computador para passar no Teste de Turing é uma tarefa muito difícil. Tal sistema precisaria ter pelo menos as seguintes capacidades:

- *processamento de linguagem natural*: para comunicar-se com o usuário;
- *representação de conhecimento*: para armazenar o que sabe ou aprende;
- *raciocínio automatizado*: para usar o conhecimento armazenado com a finalidade de responder perguntas ou tirar novas conclusões;
- *aprendizado de máquina*: para adaptar-se a novas circunstâncias, detectar e extrapolar padrões, a fim de atualizar o seu conhecimento armazenado.



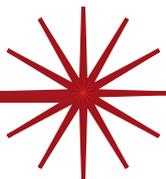
As máquinas podem agir com inteligência?



# IA fraca x IA forte

**IA fraca:** os sistemas desenvolvidos sob esta perspectiva são de certa forma “inteligentes”, mas não são capazes de raciocinar por si próprios. Um motor de inferência de um SE ou um Chatbot por exemplo, nada mais é do que um encadeamento de vários if-then. Neste caso a máquina se baseia apenas no conhecimento fornecido por um humano.

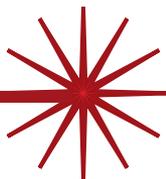
**IA forte:** esta perspectiva está relacionada com a criação sistemas que tenham autoconsciência e que possam “pensar”, e não somente simular raciocínios. Por exemplo, se um sistema for submetido ao processo de escrever uma poesia, ela teria que ter consciência do que escreveu e não somente organizar palavras e sons de forma coerente.



# Aplicações

Como modelar o ambiente físico e o comportamento/personalidade dos personagens?

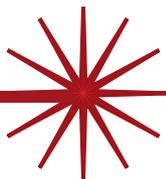
Como permitir uma boa interação com usuário?



# Aplicações

Como obter navegação segura e eficiente, estabilidade, manipulação na e versátil?

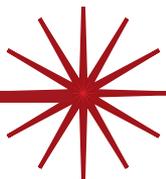
E no caso de ambientes dinâmicos e imprevisíveis?



# Aplicações

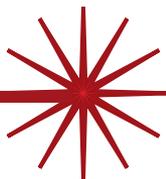
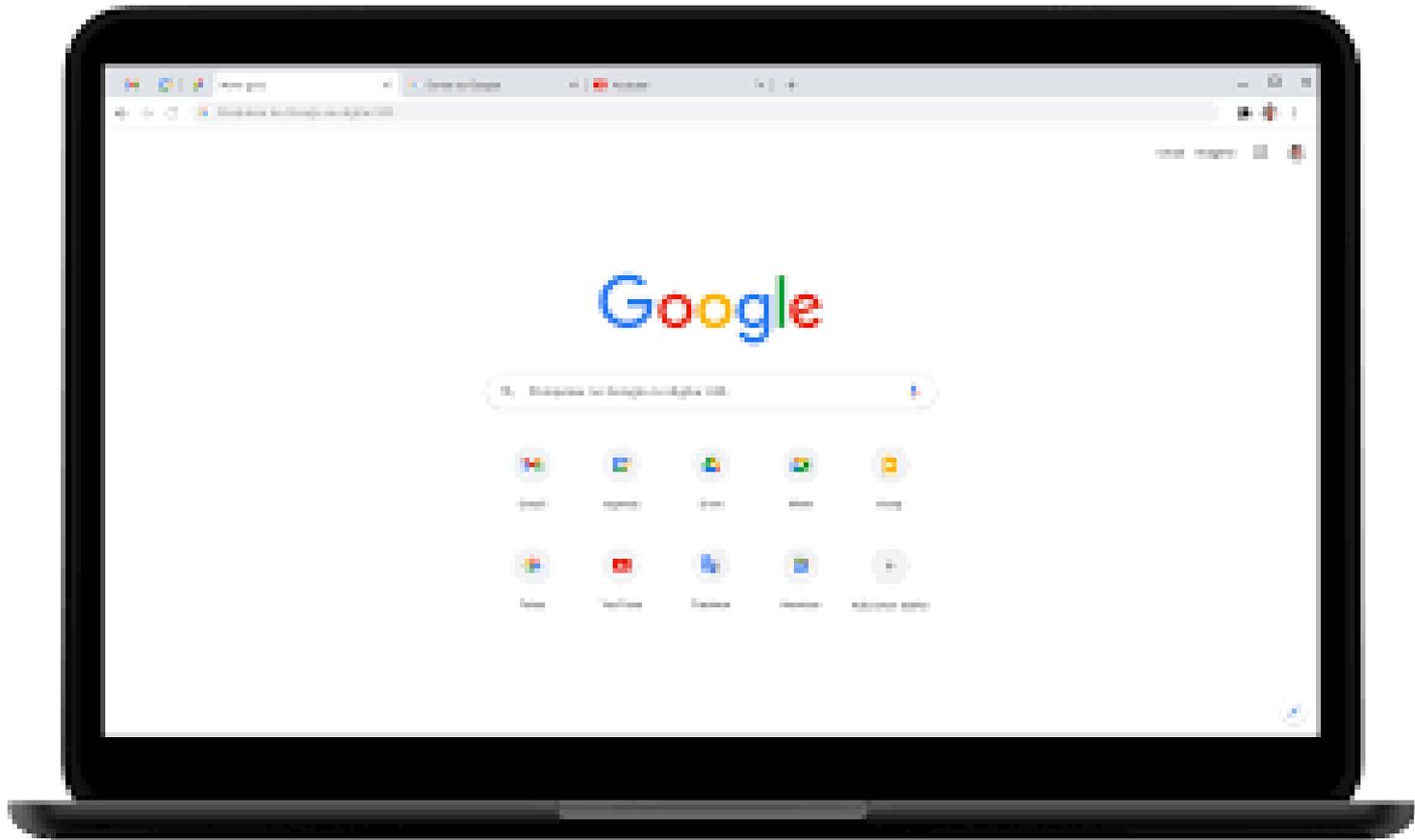
Como modelar os componentes de sistemas complexos e dar-lhes autonomia?

Como assegurar uma boa comunicação e coordenação entre estes componentes?



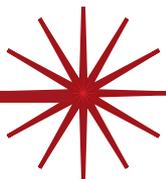
# Aplicações

Como localizar a informação relevante?



# Aplicações

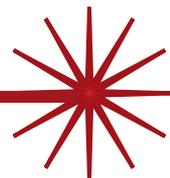
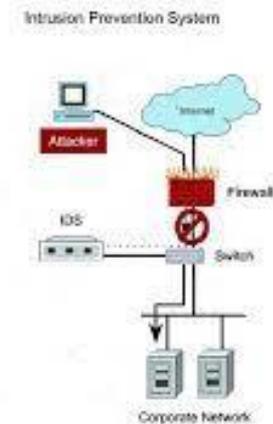
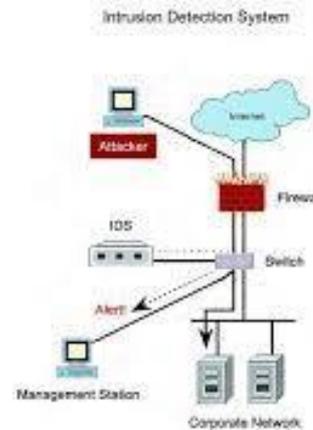
Como prever o valor do dólar (ou o clima) amanhã?  
Que dados são relevantes? Há comportamentos recorrentes??



# Aplicações

Como saber se uma mensagem é lixo ou de fato interessa?

Como saber se um dado comportamento de usuário é suspeito e com lidar com isto?

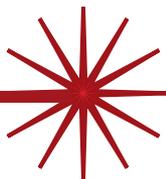


# Aplicações

Como breicar o carro sem as rodas deslizarem em função da velocidade, atrito, etc.?

Como focar a câmera em função de luminosidade, distância, etc.?

Como ajustar a temperatura em da quantidade de roupa, fluxo de água, etc.?



# Aplicações

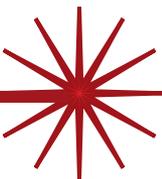
Como dar ao usuário a ajudar de que ele precisa?

Como interagir (e quem sabe navegar na web) com celular sem ter de digitar (hands-free)?

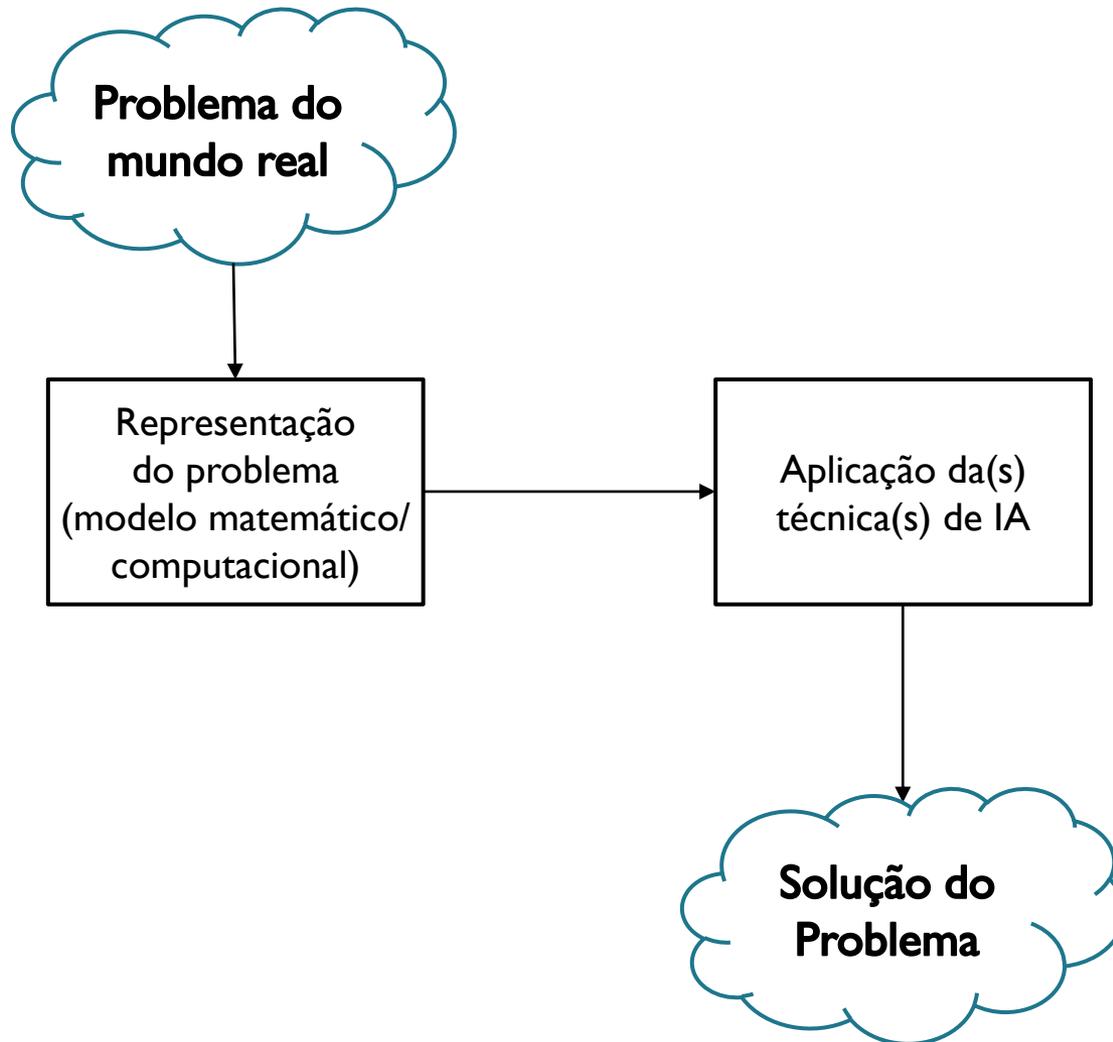


# Fatores comuns

- Grande complexidade (número, variedade e natureza das tarefas)
- Não há solução algorítmica, mas existe conhecimento
- Modelagem do comportamento de um ser inteligente (conhecimento, aprendizagem, iniciativa, etc.)



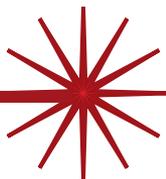
# Resolução de Problemas usando IA



# O que é um Agente Inteligente?



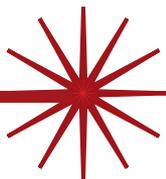
Um agente é tudo o que pode ser considerado capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre seu ambiente por intermédio de atuadores.



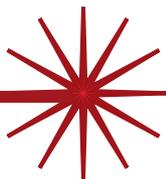
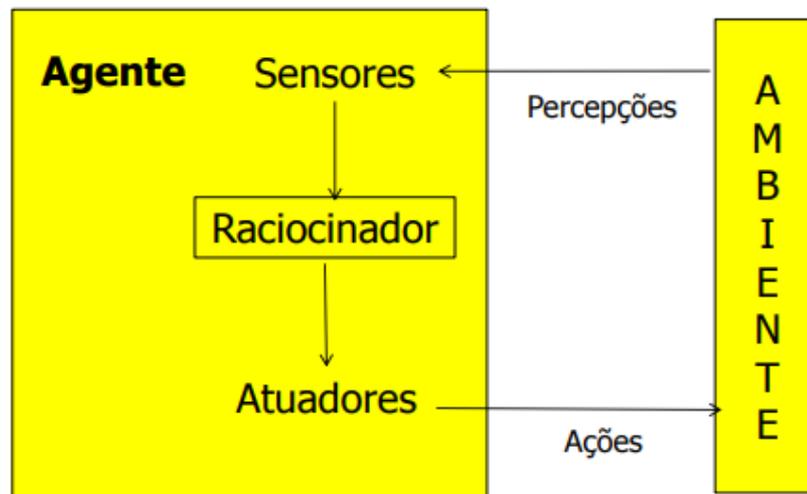
# Quais são os sensores de um agente humano?



# Quais são os atuadores de um agente humano?

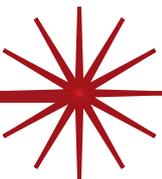


# Agentes interagem com ambientes por meio de sensores e atuadores



# Percepção e Função

- Usamos o termo percepção para fazer referência às entradas perceptivas do agente em qualquer momento dado.
- A sequência de percepções do agente é a história completa de tudo que o agente já percebeu.
  - Em geral, a escolha de ação de um agente em qualquer instante dado pode depender da sequência inteira de percepções observadas até o momento.
- Em termos matemáticos, afirmamos que o comportamento do agente é descrito pela função do agente que mapeia qualquer sequência de percepções específica para uma ação.



# Função de agente X Programa de agente

- A função de agente é uma descrição matemática abstrata.
- Programa de agente é uma implementação concreta, relacionada à arquitetura do agente.



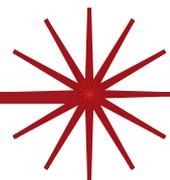
# Agente racional

- Um agente racional é aquele que faz tudo certo
  - O que significa fazer tudo certo?
- Como uma primeira abordagem, diremos que a ação certa é que fará o agente obter maior sucesso.
- Mas como medir o sucesso?



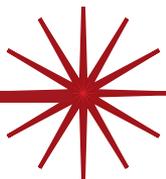
# Medidas de Desempenho

- Uma medida de desempenho encarna o critério para se medir o sucesso do comportamento do agente.
- Quando um agente é inserido em um ambiente, ele gera uma sequência de ações, de acordo com as percepções que recebe.
- Essa sequência de ações faz o ambiente passar por uma sequência de estados.
- Se a sequência é desejável isso quer dizer que o agente funcionou bem.
- Evidentemente, não existe uma medida fixa apropriada para todos os agente



# Medidas de Desempenho

- A definição do que é racional em qualquer instante dado, depende de quatro fatores:
  - A medida de desempenho que define o critério de sucesso;
  - O conhecimento anterior que o agente tem do ambiente;
  - As ações que o agente pode executar;
  - A sequência de percepções do agente até o momento



# Autonomia

Percepção



Agente

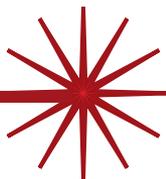


Ação



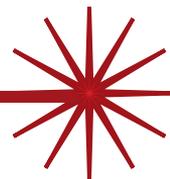
Quando um agente se baseia no conhecimento anterior de seu projetista e não em suas próprias percepções, dizemos que o agente não tem autonomia.

Um agente racional deve ser autônomo – ele deve aprender o que puder para compensar um conhecimento prévio parcial ou incorreto



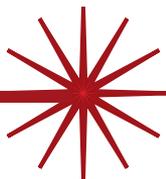
# Ambiente de tarefas

- **Ambientes de tarefa**, são os “problemas” para os quais os agentes racionais são as “soluções”.
- Ao projetar um agente, a primeira etapa deve ser sempre especificar o ambiente de tarefa. Chamaremos essa especificação de PEAS
- (**Performance, Environment, Actuators, Sensors** – desempenho, ambiente, atuadores e sensores).



# Agente e PEAS

- **Motorista**



# Agente e PEAS

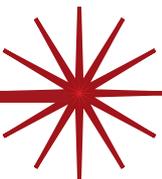
- **Braço robótico de soldagem**





# Ambiente de tarefas

- A variedade de ambiente de tarefas que podem surgir em IA é sem dúvida vasta. Entretanto, podemos identificar um número bastante reduzido de dimensões ao longo das quais os ambientes de tarefas podem ser divididos em categorias. São elas:
  - Completamente observável x Parcialmente observável
  - Determinístico x Estocástico
  - Episódico x Sequencial
  - Estático x Dinâmico
  - Discreto x Contínuo
  - Agente único x Multiagente



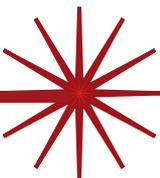
# Completamente observável x Parcialmente observável

- **Completamente observável**
  - Se os sensores de um agente permitem acesso ao estado completo do ambiente em cada instante, dizemos que o ambiente de tarefa é completamente observável.
- **Parcialmente observável**
  - Um ambiente poderia ser parcialmente observável devido ao ruído e a sensores imprecisos ou porque partes do estado estão simplesmente ausentes nos dados do sensor.



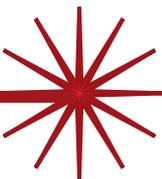
# Determinístico X Estocástico

- Se o próximo estado do ambiente é completamente determinado pelo estado atual e pela ação executada pelo agente, dizemos que o ambiente é determinístico; caso contrário, ele é estocástico



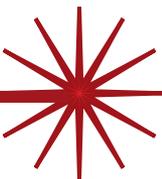
# Episódico X Sequencial

- Em um ambiente de tarefa episódico, a experiência do agente é dividida em episódios atômicos. Cada episódio consiste na percepção do agente, e depois na execução de uma única ação. É crucial que o episódio seguinte não dependa das ações executadas em episódios anteriores. Exemplo um agente localiza peças defeituosas em uma linha de montagem.
- 
- Por outro lado, em ambientes sequenciais, a decisão atual poderia afetar todas as decisões futuras. Exemplo um agente que joga Xadrez.



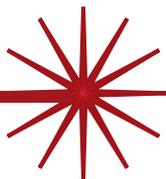
# Estático X Dinâmico

- Se o ambiente puder se alterar enquanto um agente está deliberando, dizemos que o ambiente é dinâmico para esse agente; caso contrário, ele é estático.
- Ambientes estáticos são fáceis de manipular, porque o agente não precisa continuar a observar o mundo enquanto está decidindo sobre a realização de uma ação, nem precisa se preocupar com a passagem do tempo.



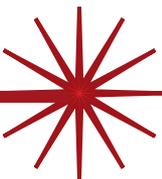
# Discreto X Contínuo

- A distinção entre discreto e contínuo pode se aplicar ao estado do ambiente, ao modo como o tempo é tratado, e ainda às percepções e ações do agente. Por exemplo, um ambiente de estados discretos como um jogo de xadrez tem um número finito de estados distintos.
- Porém um agente inteligente para automatizar a tarefa de um taxi é um problema de estado contínuo e tempo contínuo: a velocidade e a posição do táxi e de outros veículos passam por um intervalo de valores contínuos e fazem isso suavemente ao longo do tempo.

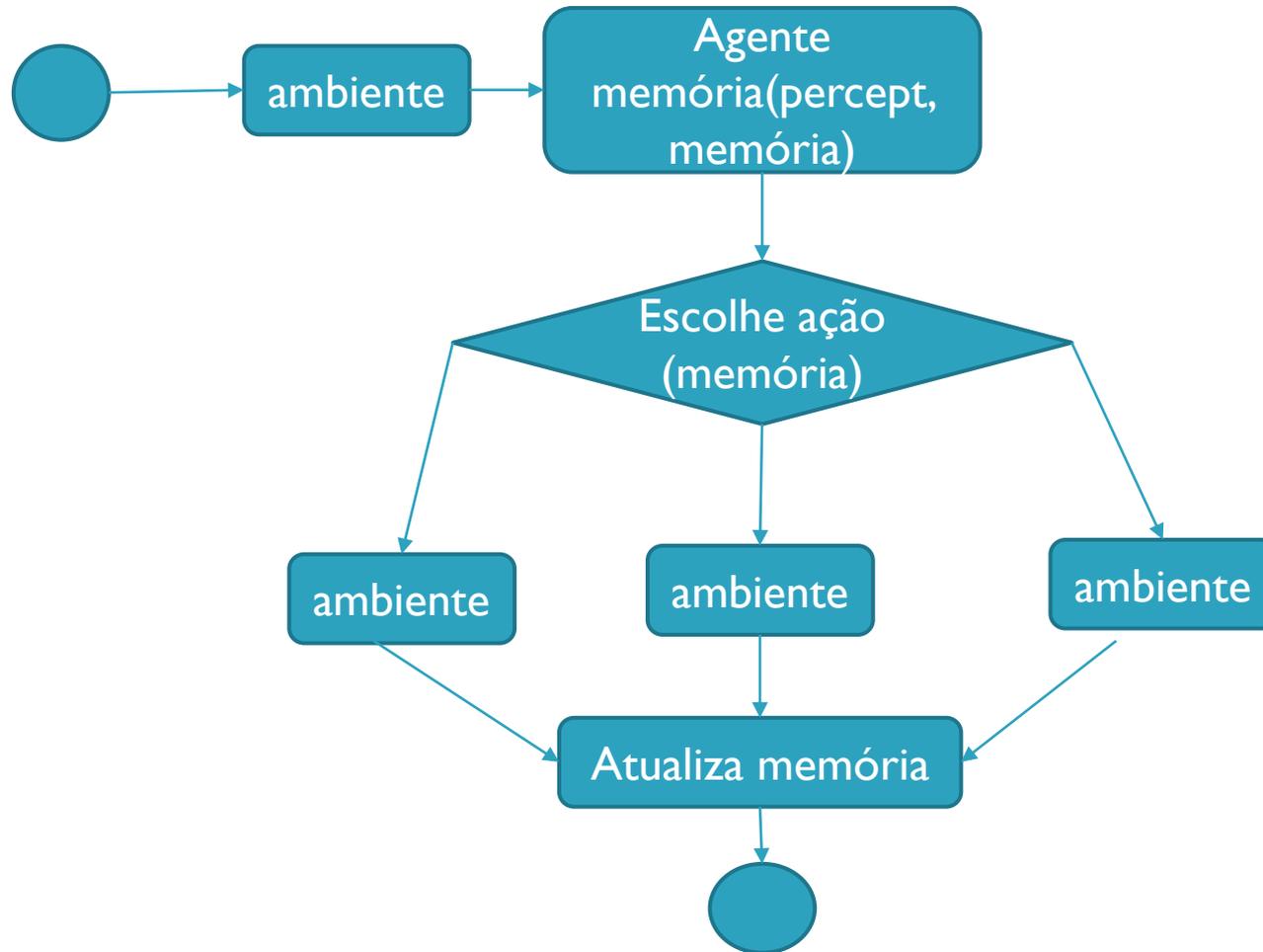


# Agente único X Multiagente

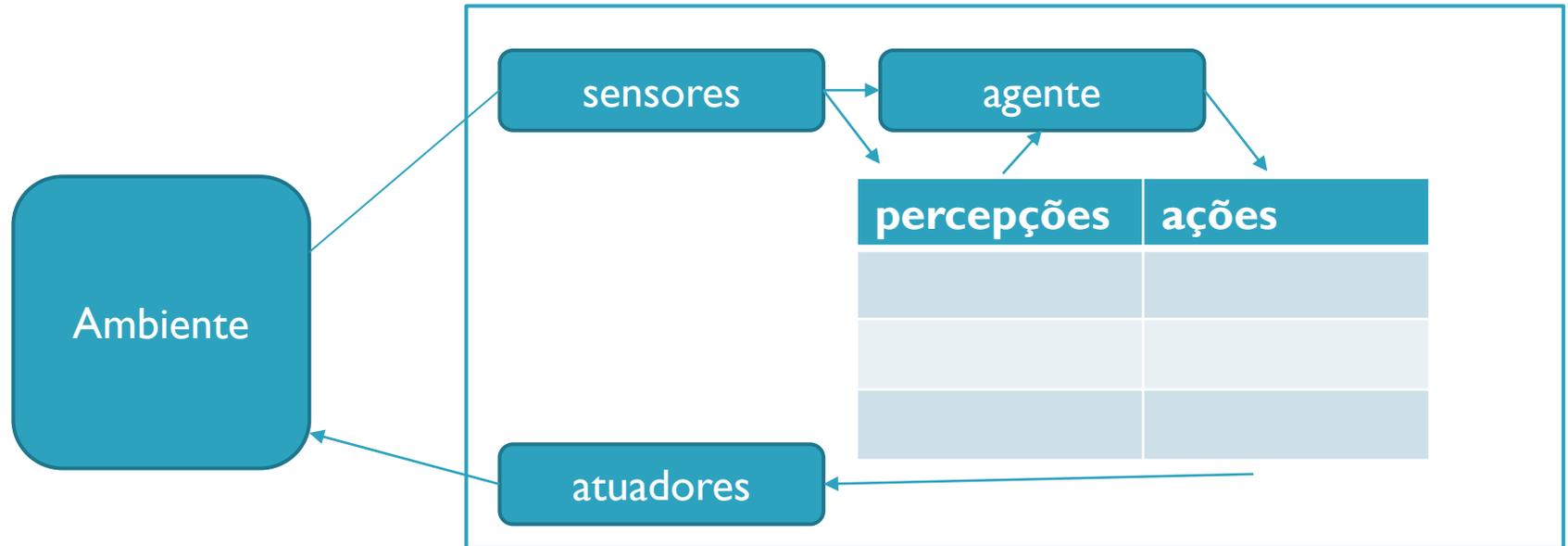
- A distinção entre ambientes de agente único e de Multiagente pode parecer bastante simples.
- Por exemplo, um agente que resolve um jogo de palavras cruzadas sozinho está claramente em um ambiente de agente único, enquanto um agente que joga Xadrez está em um ambiente de dois agentes



# Algoritmo básico



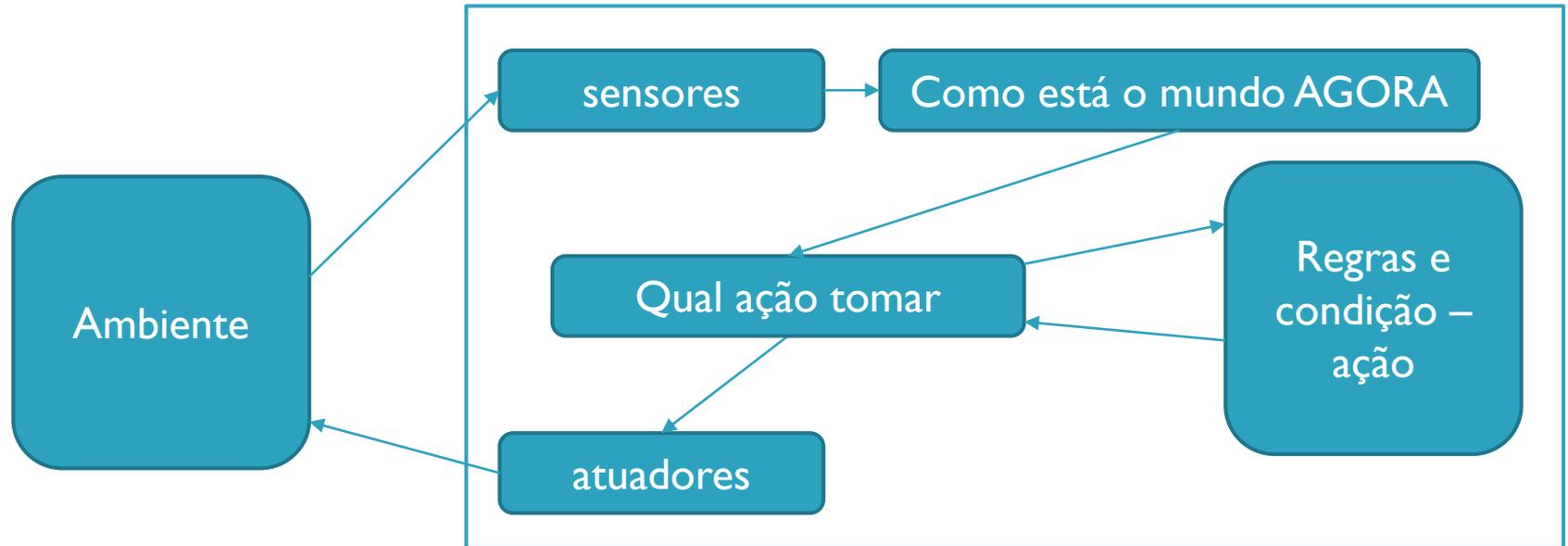
# Arquiteturas: Tabelas



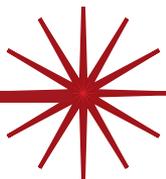
- Limitações:
  - Mesmo Problemas simples -> tabelas muito grandes  
ex. xadrez  $30^{100}$
  - Nem sempre é possível, por ignorância ou questão de tempo, construir a tabela
  - Não há autonomia nem flexibilidade



# Arquiteturas: Agente reativo



- Vantagens e desvantagens
  - Regras condição-ação: representação inteligível, modular e eficiente
    - ex. Se velocidade > 60 então multar
  - Não pode armazenar uma sequência perceptiva, pouca autonomia



# Arquiteturas: Agente baseado em modelo

