

# Inteligência Artificial - Introdução

Prof. Dr. Igor da Penha Natal

Baseado no Cap. 1 do livro de Russel e Norving - "Inteligência Artificial", 2ª ed.

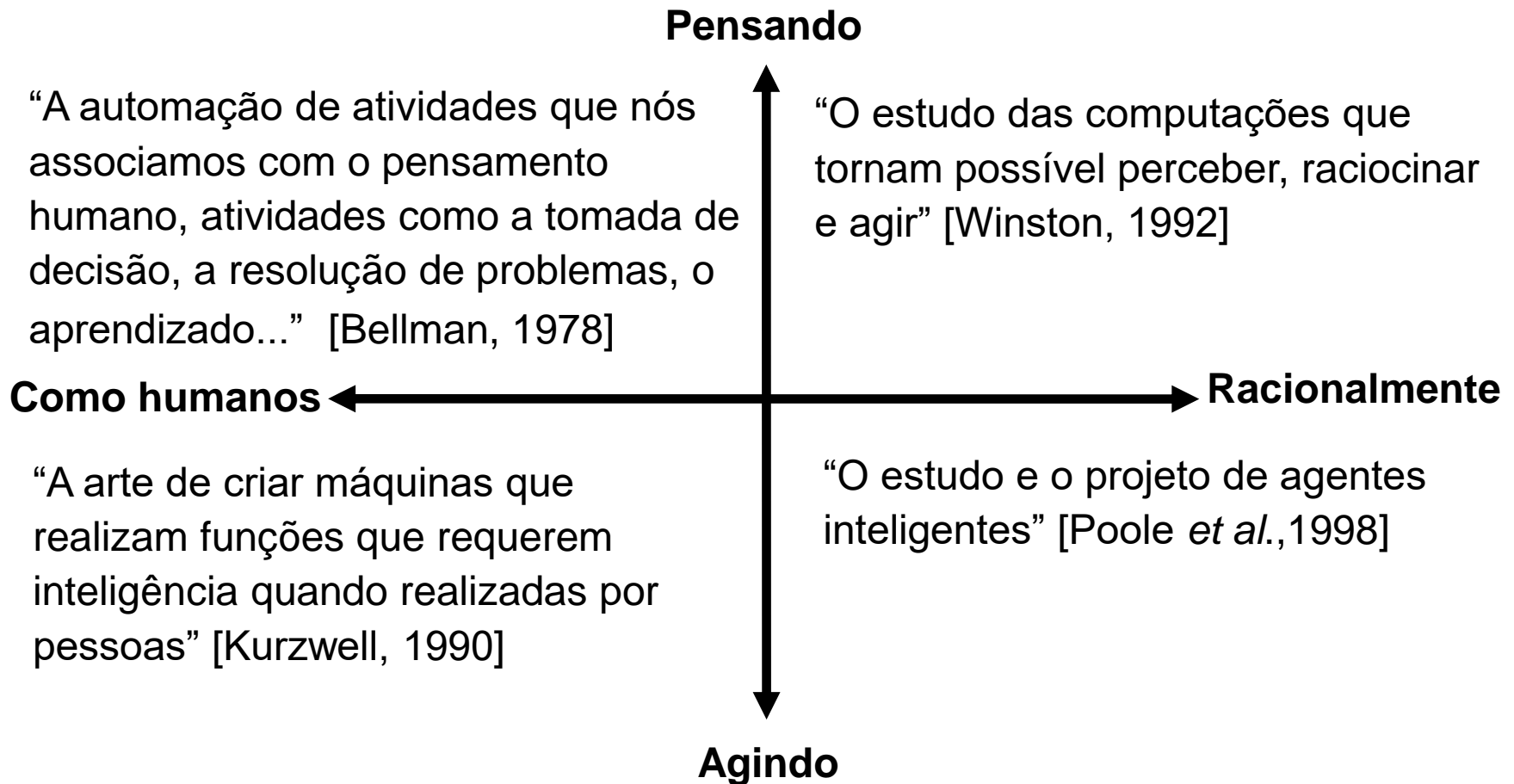
# O que é Inteligência Artificial?

2

- Durante milhares de anos procuramos entender como pensamos.
  - Como um mero punhado de matéria pode perceber, compreender, prever e manipular um mundo muito maior?
- A IA tenta além de entender, também construir entidades inteligentes.
- IA é um campo universal que procura estudar as formas de sistematizar e automatizar tarefas intelectuais.

# Quatro diferentes pontos de vista sobre AI

3



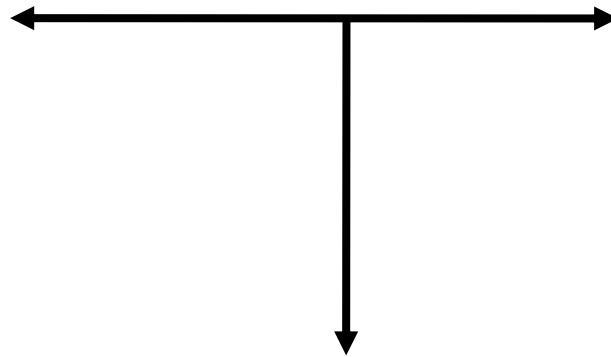
# Agindo como humanos

4

- Alan Turing (1950) propõe o Teste de Turing
  - Publicou “*Computing Machinery and Intelligence*”  
[<http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm>]
  - Perguntava se: as máquinas podem se comportar de forma inteligente?
  - Propõem um teste operacional para comportamento inteligente:
    - O JOGO DA IMITAÇÃO
  - Previu que, em 2000, as máquinas teriam 30% de chance de enganar uma pessoa leiga por 5 minutos.

# Agindo como humanos

5



**O Interrogador**



# Agindo como humanos

6

- Para passar no Teste de Turing é necessário:
  - ▣ Processamento de linguagem natural
  - ▣ Representação de conhecimento
  - ▣ Raciocínio automático
  - ▣ Aprendizagem de máquina
  
- Teste de Turing Total inclui:
  - ▣ Visão computacional
  - ▣ Robótica

# Agindo como humanos

7

- Atualmente pesquisadores em IA tem dedicado pouco esforço para passar no teste de Turing.
  - Eles acreditam que é mais importante estudar os princípios básicos da inteligência do que reproduzir um ser inteligente.
  - Tomemos como exemplo o desafio do voo artificial
    - O sucesso só foi alcançado quando os pesquisadores pararam de imitar os pássaros e estudaram a aerodinâmica.

# Pensando como humanos

8

- Programas podem pensar como humanos?
  - ▣ → Mas como os humanos pensam?
- Como a mente humana trabalha por dentro?
  - ▣ Pesquisas mais antigas eram por meio de introspecção e de experimentos psicológicos. Pesquisas atuais usam mecanismos de ressonância magnética (**Neurociência**).
- Se tivermos uma teoria precisa do funcionamento da mente
  - ▣ → Teremos a possibilidade de expressar a teoria no computador.



# Pensando como humanos

9

- Newell e Simon (1961) – *General Problem Solver (GPS)*
  - ▣ Estavam preocupados em comparar as formas de seu raciocínio às formas do raciocínio humano para resolver os mesmos problemas.
- Deriva da **Ciência Cognitiva** – utiliza modelos computacionais da IA + técnicas experimentais da psicologia.
  - ▣ Tenta construir teorias precisas e testáveis a respeito dos processos de funcionamento da mente humana. Hoje em dia interage com a neurociência.
- A IA e a ciência cognitiva ajudam uma a outra, especialmente em áreas de visão computacional, linguagem natural e aprendizagem.

# Pensando racionalmente

10

- Aristóteles
  - → tentou codificar o pensamento correto (processos de raciocínio irrefutáveis, incontestáveis)
  - Silogismos = conclusões corretas para premissas corretas
    - “Sócrates é um homem” e “Todo homem é mortal”, então “Sócrates é mortal”.
- As leis do pensamento deveriam governar as operações da mente
  - → início da lógica.
- Desenvolvimento da lógica formal (séculos 19 e 20)
  - → fornece uma notação precisa para se fazer declarações sobre todos os tipos de coisas do mundo e as relações entre elas.
- Em 1965 já existiam programas que podiam resolver qualquer problema solucionável descrito em notação lógica.
  - Porém, se não houvesse uma solução o programa poderia nunca parar.

# Pensando racionalmente

11

- A tradição logicista da IA tenta desenvolver programas baseados em lógica para criar sistemas inteligentes.
- Obstáculos desta abordagem:
  - Dificuldade de passar conhecimento informal para termos formais (notação lógica) – principalmente quando o conhecimento é **impreciso**.
  - Existe uma grande diferença entre ser capaz de resolver um problema e conseguir fazer isto na prática.
    - Mesmo problemas pequenos podem esgotar os recursos computacionais se não tiverem alguma orientação de quais etapas de raciocínio eles devem tentar primeiro.

# Agindo racionalmente: o agente racional

12

- Agente Computacional X Programas
  - Um agente é capaz de operar sob **controle autônomo**, **perceber** seu ambiente, **adaptar-se** às mudanças e ser capaz de assumir **metas**.
- Agente Racional
  - → Age para alcançar o melhor resultado (esperado).
- Comportamento Racional
  - → **“FAZER A COISA CERTA”**, i.e. fazer aquilo que maximiza o objetivo dada a informação que se tem disponível.
- Fazer inferências corretas é parte de um agente racional.
  - Agir racionalmente é raciocinar logicamente sobre o objetivo que uma dada ação irá alcançar e então agir.

# Agindo racionalmente

13

- A inferência correta não representa toda a racionalidade
  - ▣ Sabe-se que algo deve ser feito, mas não existe algo comprovadamente correto.
  - ▣ Agir racionalmente às vezes não envolve inferência.
    - ▣ Ex.: tirar a mão de algo quente.
- **Obs.:** Limitações computacionais tornam a **racionalidade perfeita** inalcançável.
- Existem duas vantagens em ver a IA como um projeto de agente racional.
  - ▣ É mais geral do que as leis do pensamento – a inferência correta é apenas um dos vários mecanismos possíveis.
  - ▣ O padrão de racionalidade é definido com clareza em contraponto com o comportamento humano.

# Definindo a Inteligência Artificial

14

- **Inteligência Artificial** é a **análise e síntese de agentes computacionais que atuam de forma inteligente.**
- Um **agente** é alguma coisa que **percebe** e **atua** em um **ambiente**.
- Um agente atua de forma inteligente se:
  - ▣ Suas ações são apropriadas para seus objetivos e circunstâncias;
  - ▣ Ele é flexível a mudança de ambiente e objetivos;
  - ▣ Ele aprende com a experiência; e
  - ▣ Ele faz escolhas apropriadas dadas suas limitações perceptuais e computacionais.

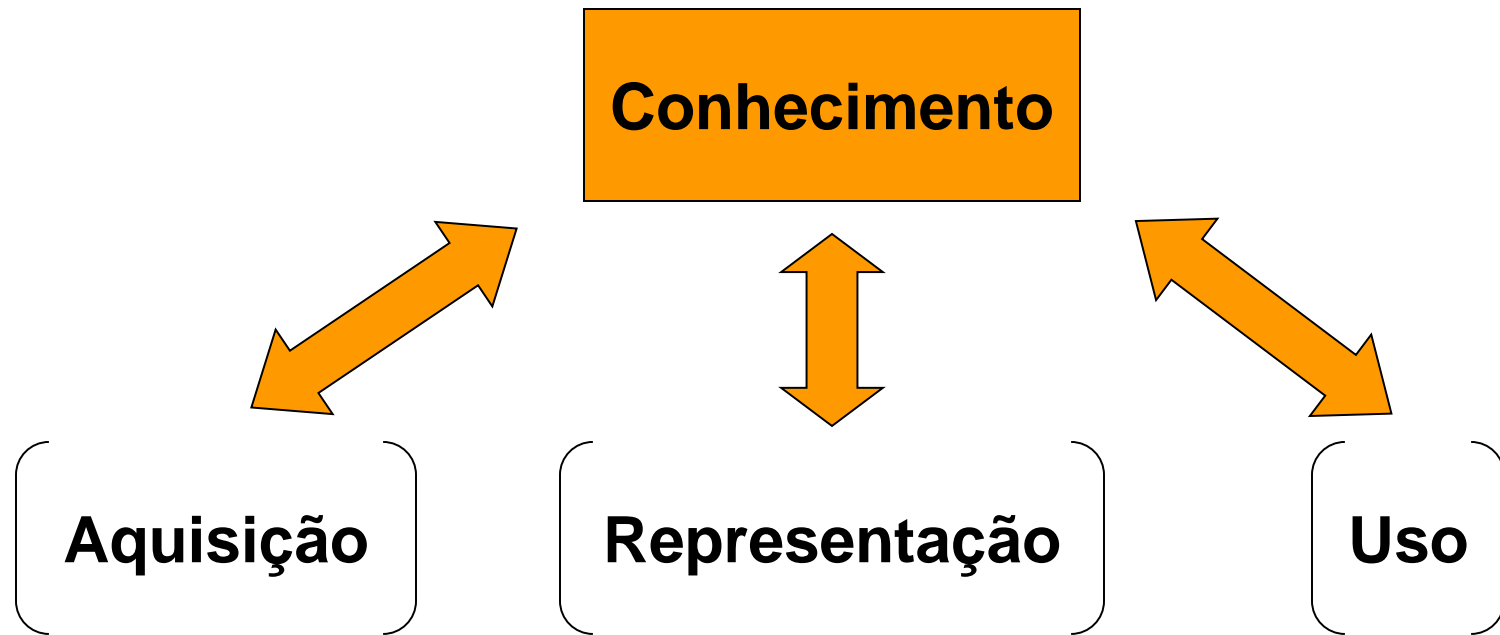
# Objetivos da Inteligência Artificial

15

- **Objetivos científicos:** compreender os princípios que tornam o comportamento inteligente possível em sistemas naturais e artificiais.
  - ▣ Analisar agentes naturais e artificiais;
  - ▣ Formular e testar hipóteses sobre o que é necessário para construir um agente inteligente;
  - ▣ Projetar, construir e experimentar sistemas computacionais que realizam tarefas que requerem Inteligência.
- **Objetivo de engenharia:** especificar métodos para o projeto de artefatos inteligentes úteis.
  - ▣ (Pode-se fazer uma analogia com o estudo de máquinas voadoras e máquinas pensantes).

# Qual é o núcleo do problema da IA?

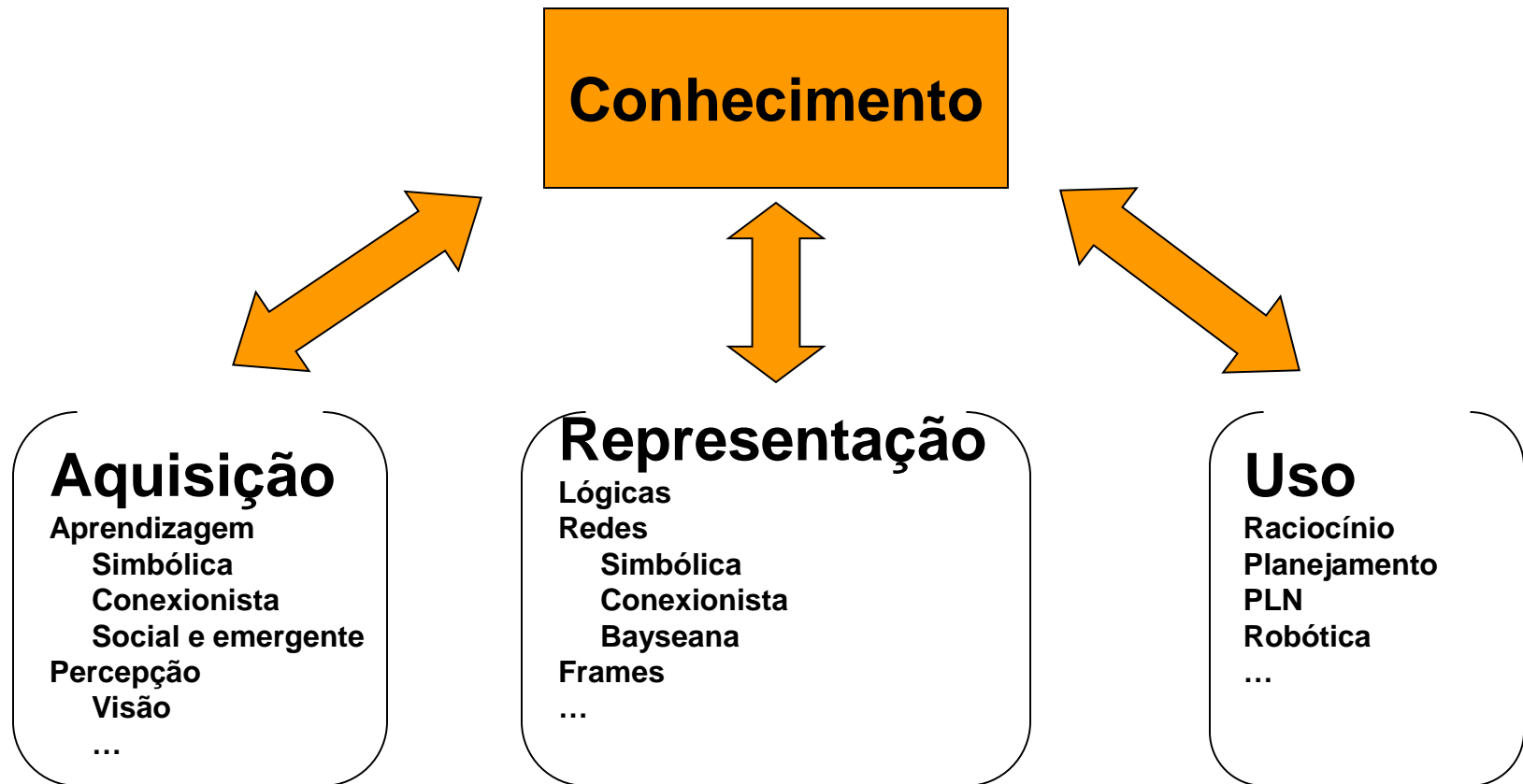
16





# Sub-áreas de IA

17

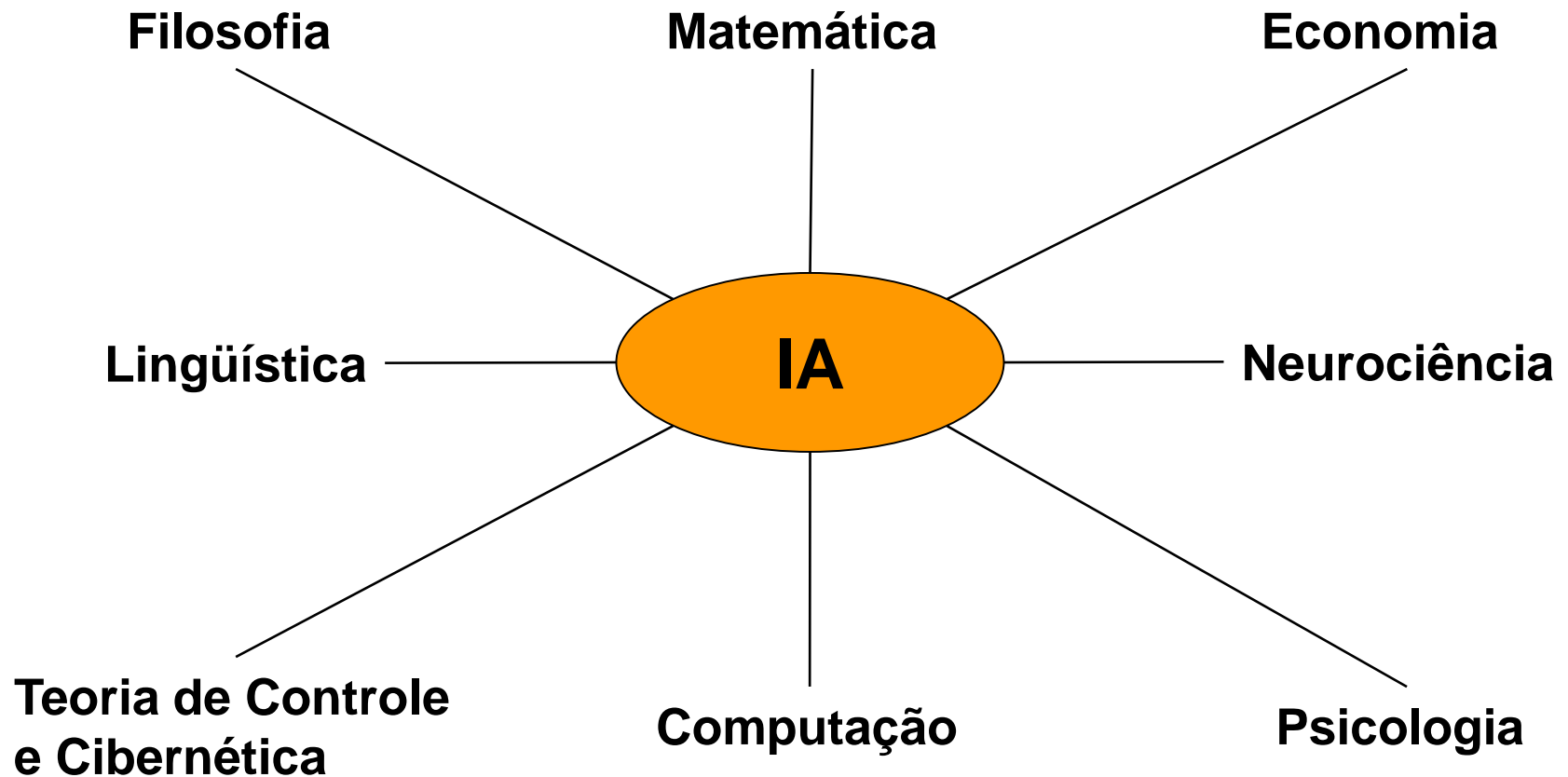


18

IA e seus parceiros.

# Fundamentos da inteligência artificial

19



# Filosofia (428 B.C. - presente)

20

- Lógica e métodos de raciocínio
  - ▣ Aristóteles (384-322 a.C.) – silogismos, noção de intuição.
  - ▣ Ramon Lull (1315) – artefato mecânico para raciocínio útil.
  - ▣ Thomas Hobbes (1588-1679) – raciocínio semelhante à computação numérica.
  - ▣ Leonardo da Vinci (1500) – projeto de uma calculadora mecânica.
  - ▣ Wilhelm Schickard (1623) – primeira máquina de calcular conhecida.
- A mente como um sistema físico
  - ▣ René Descartes (1596-1650) – Dualismo – mente isenta das leis da física (matéria).
  - ▣ Materialismo, onde todas as coisas do mundo (inclusive o cérebro e a mente) operam segundo leis físicas.

# Filosofia (428 B.C. - presente)

21

- A origem do conhecimento
  - Francis Bacon (1561-1626) – empirismo - conhecimento está baseado na observação e na experiência.
  - Hume (1739) - princípio da indução - regras gerais são adquiridas pela exposição e repetidas associações entre seus elementos.
  - Ludwig Wittgstein (1889-1951) e Bertrand Russel (1872-1970) - positivismo lógico - observações que correspondem ao sensores de entrada.
  - Carnap e Carl Hempel (1905 - 1997) – teoria da confirmação – tentavam compreender como o conhecimento pode ser adquirido a partir da experiência.
- Racionalidade

# Matemática (800-presente)

22

- Representação formal e lógica clássica
  - George Boole (1847) - linguagem formal para fazer inferências lógicas - lógica booleana.
  - Gottlob Frege (1879) – formalizou a lógica de predicados de primeira ordem, que é utilizada em boa parte dos sistemas atuais (RC).
  - Alfred Tarski (1902-1983) - teoria que mostra como relacionar objetos em uma lógica a objetos do mundo real.
- Algoritmos de prova
  - Kurt Gödel (1931) – teorema da incompletude, existem afirmações verdadeiras que são indecidíveis, pois sua verdade não pode ser estabelecida por qualquer algoritmo.

# Matemática (800-presente)

23

## □ Indecidibilidade

- ▣ Alan Turing (1936) - modelo da máquina de Turing - determinar se um problema é ou não decidível (um problema é decidível se existe um algoritmo para ele).

## □ Intratabilidade

- ▣ Cobham (1964) e Edmonds (1965) – intratabilidade - o tempo de execução dos problemas chamados intratáveis crescem exponencialmente em relação ao tamanho de suas instâncias.

## □ Teoria da NP-Compleitude

- ▣ Steven Cook (1971) e Richard Karp (1972) – método para reconhecer um problema intratável.

# Matemática (800-presente)

24

## □ Teoria da Probabilidade

- ▣ Gerolamo Cardano (1501-1576) – definiu a teoria da probabilidade.
- ▣ Thomas Bayes (1702-1761) – definiu regras para quantificar probabilidades subjetivas (tratamento de incerteza) – **análise Bayesiana**.



# Economia (1776-presente)

25

- **Economia:** estuda como as pessoas fazem escolhas que levam a resultados preferenciais (utilidade).
- Utilidade
  - Léon Walras (1834-1910).
  - Frank Ramsey (1931).
- Teoria dos jogos e o comportamento econômico
  - John Von Neumann e Oskar Morgenstern (1944).
- Teoria da decisão = teoria da probabilidade + teoria da utilidade
  - Wellman (1965)
- Pesquisa operacional
  - Richard Bellman (1957) – processos de decisão de Markov.

# Neurociência (1861-presente)

26

- Como o cérebro processa informações?
  - Paul Broca (1861) – estudos em deficiência da fala em pacientes com cérebros danificados.
  - Camillo Golgi (1873) – técnica de coloração para observar neurônios no cérebro.
  - Santiago Ramon Cajal (1852-1934) – estudos pioneiros das estruturas de neurônios no cérebro.
  - Hans Berger (1929) – eletroencefalógrafo – medição da atividade do cérebro intacto.
  - Atualmente se usa imagens de ressonância magnética funcional para determinar as funções cerebrais.

# Psicologia (1879-presente)

27

- Fenômenos de percepção e controle
  - H. S. Jennings (1906) – Introspecção
  - John Watson (1878-1958)- behaviorismo (comportamentalismo) – medidas objetivas de percepção – estímulo e resposta.
- Considerava o cérebro como um dispositivo de processamento de informações
  - Willian James (1842-1910) – Psicologia Cognitiva.
- Passos entre a percepção e as ações
  - Kenneth Craik (1943) - especificou três passos chaves de um agente baseado em conhecimento:
    - (1) O estímulo é transformado em uma representação interna;
    - (2) A representação interna é manipulada por um processo cognitivo que deriva novas representações internas; e
    - (3) Esta representação interna é traduzida em uma ação.

# Computação (1940-presente)

28

- A inteligência artificial necessita de duas coisas: inteligência e um artefato. Atualmente o computador é o artefato mais adequado.
  - Alan Turing e sua equipe desenvolvem:
    - Máquina eletromecânica de *Health Robinson* (1940) - decifrar mensagens Alemãs.
    - Colussus (1943) – máquina de uso geral – utilizava válvulas.
  - Konrad Zuse (1941) - Z-3 – desenvolve o primeiro computador programável, pontos flutuantes e a 1ª linguagem de programação de alto nível: Plankalkül.
  - John Atanasoff e Clifford Berry (1942) – desenvolve o ABC – primeiro computador eletrônico.
  - John Mauchly e John Eckert – desenvolve o ENIAC (2º guerra - primeiro computador digital de propósito geral) – mais famoso porque seus conceitos ainda são utilizados.
- Evolução do software: sistemas operacionais, linguagens de programação e ferramentas necessárias para escrever programas sofisticados.

# Teoria de controle e cibernética

29

- Projetos de sistemas autocontrolados que maximizem o objetivo.
  - Utesíbio de Alexandria (+ ou - 250 a. C.) – primeira máquina autocontrolada – um relógio de água com um regulador que mantinha o fluxo de água constante.
  - James Watt (1736 – 1819) – cria o regulador de máquinas a vapor.
  - Cornelis Debbell (1572 – 1633) – cria o termostato e o submarino.
  - Norbert Wiener (1894 - 1964) – desenvolve a Teoria de controle – levanta a possibilidade de máquinas dotadas de inteligência.

# Linguística (1957-presente)

30

- Representação de conhecimento e gramática
  - B. F. Skinner (1957) - *Verbal Behavior* - Abordagem comportamentalista para o aprendizado da linguagem.
  - Chomsky – demonstrou como a teoria comportamentalista não está direcionada à noção de criatividade na linguagem.
    - Ela não explicava como uma criança podia compreender e formar frases que nunca tinha ouvido antes.
  - IA + Linguística = Linguística computacional ou PLN.
  - Compreensão da linguagem exige compreensão do assunto e do contexto (e não somente sintaxe).
  - Representação do Conhecimento – como colocar o conhecimento em uma forma que o computador possa utilizar – vinculado à linguagem.

31

# História da IA

# História da inteligência artificial

32

- A gestação da inteligência artificial (1943-1956)
  - Warren McCulloch e Walter Pitts (1943) – criam o primeiro modelo de neurônios artificiais.
    - Cada neurônio poderia estar “ligado” ou “desligado”.
    - A troca entre ligado/desligado ocorria como resposta aos estímulos para um número suficiente de neurônios vizinhos.
    - Propõem a ideia de que as redes seriam capazes de aprender.
  - Donald Hebb (1949) – define a regra de atualização dos pesos da rede.
  - Marvin Minsky e Dean Edmonds (1951) – desenvolvem o SNARC o primeiro computador de redes neurais, possuía 40 neurônios.
  - Alan Turing (1950) – apresenta o artigo “*Computing Machinery and Intelligence*”.



# História da inteligência artificial

33

- O nascimento da Inteligência Artificial (1956)
  - John McCarthy, Minsky, Claude Shannon e Nathaniel Rochester (1956) – fazem um seminário de dois meses, com 10 participantes.
    - Allen Newell e Herbert Simon – mostram o *Logic Theorist* – programa de raciocínio.
    - Concordam em adotar o nome sugerido por McCarthy: **Inteligência Artificial.**

# História da inteligência artificial

34

- Entusiasmo inicial, grandes expectativas (1952-1969)
  - A classe intelectual preferia acreditar que “uma máquina nunca poderá realizar X”
    - Os pesquisadores em IA respondiam naturalmente demonstrando um X após o outro.
  - Newell e Simon – criam o *General Problem Solver (GPS)* – um programa projetado para resolver problemas como os humanos.
  - Nathaniel Rochester e Herbert Gelernter (1959) – criam o *Geometry Problem Solver* – que podia demonstrar teoremas complicados para alunos de matemática.
  - Arthur Samuel (1952) – apresenta uma série de programas para jogar damas que podiam aprender.

# História da inteligência artificial

35

- McCarthy (1958) – cria a linguagem Lisp (que é um ano mais nova que FORTRAN)
  - Desenvolve o *Advice Taker* – 1º sistema de IA completo – com princípios centrais de representação de conhecimento e raciocínio – ideia de planejamento e conhecimento geral do mundo.
  - Pra suplantarmos a escassez e o custo dos recursos computacionais → inventamos o *time sharing*.
- J. A. Robinson – cria o método de resolução – um algoritmo completo para demonstração de teoremas em lógica de primeira ordem.
- Minsky - introduz a ideia de micromundos - problemas em um contexto limitado que requerem inteligência para resolver.
  - Ex.: Mundo de blocos
- Frank Roseblatt (1962) – apresenta os *Perceptrons* e o teorema de convergência.

# História da inteligência artificial

36

- Uma dose de realidade (1966-1974)
  - Herbert Simon – “futuro visível” – computadores lidarão com uma variedade de problemas correspondente à mente humana.
    - **Previsão:** dentro de dez anos um computador seria campeão de xadrez e provaria um teorema matemático significativo.
  - Problema: dificuldade de tratar problemas complexos (os exemplos testados eram muito simples).
  - Principais problemas nas abordagens adotadas:
    - Os programas possuíam pouco ou nenhum conhecimento sobre o problema.
  - **Exemplo:** problema de tradução Russo ↔ inglês
    - Tradução exige conhecimento do assunto (i.e. contexto).

# História da inteligência artificial

37

- ▣ Intratabilidade de alguns problemas que IA estava tentando resolver (antes da teoria da NP-completude).
  - Ilusão do poder computacional ilimitado, computadores 1.000.000 vezes mais rápidos não resolvem o problema – devido a explosão combinatória.
  - Problemas NP-completos existem e novas abordagens devem ser adotadas.
  - Surge a ideia de *Machine evolution* (algoritmos genéticos de hoje).
- ▣ Limitações fundamentais nas estruturas "básicas" que estavam sendo utilizadas para gerar um comportamento inteligente.
  - Ex.: Estrutura até então utilizada para representar redes neurais.
  - Minsky (1969) – demonstra que os *perceptrons* podem aprender qualquer coisa que eles são capazes de representar, mas eles podem representar muito pouco.
- ▣ Cai o mito que em pouco tempo teríamos máquinas “superinteligentes”.

# História da inteligência artificial

38

- Sistemas baseados em conhecimento (1969-1979)
  - *Weak methods* (pouco informação sobre o domínio) – necessidade maior de computação.
  - Surgimento dos Sistemas Especialistas
    - Conhecimento e regras sobre um determinada especialidade – realiza a separação entre conhecimento e mecanismo de raciocínio.
    - Buchanan e outros – criam o DENDRAL (1969) – usa o conhecimento de química para reduzir a quantidade de computação.
    - Feigenbaum e outros – criam o MYCIN – sistema para diagnóstico de doenças infecciosas (450 regras) – introduz a ideia de cálculo de incerteza para avaliar o impacto de evidências.
  - Problemas do mundo real – representação de conhecimento teve que melhorar
    - Surgimento de novas LRCs.
    - *Frames* (Minsky, 1975), abordagem mais estruturada baseada em classes e hierarquia de objetos.

# História da inteligência artificial

39

- A IA se torna uma indústria (1980 – hoje)
  - *Digital Equipment Corporation* – desenvolve o R1 (ajuda a configurar pedidos de novos sistemas de computadores)
    - Economia de 40 milhões de dólares (1986).
  - 1988
    - O grupo de IA da DEC tinha 40 sistemas especialistas entregues.
    - Du Pont - 100 SEs em uso e 500 em desenvolvimento
      - Economia de 10 milhões de dólares.
  - Projetos ambiciosos no Japão e EUA (1981) – nunca atingiram suas metas.
  - Indústria da IA: 1980 alguns milhões – 1988 → bilhões de dólares.

# História da inteligência artificial

40

- O retorno das redes neurais (1986-presente)
  - Desenvolvimento das redes neurais continuou em outras áreas (física, psicologia).
  - Recriação do algoritmo de aprendizagem → “*back-propagation*” (4 grupos diferentes).
  - Criou-se o impasse entre a IA Tradicional X Redes Neurais.
- Eventos recentes (1987-2000)
  - Avanços e utilização de tecnologia para reconhecimento de imagem e fala/som.
  - Desenvolvimento das *Belief networks*, baseadas em “probabilidade” que permite formalismo para tratar incertezas.
  - Desenvolvimento de mecanismos lógicos para tratar incerteza.
    - Ex.: lógica *fuzzy*, lógica modal, etc.



# O estado-da-arte

41

- O que pode ser feito (usando IA) atualmente?
  - ▣ Planejamento autônomo e escalonamento (NASA).
  - ▣ Jogos: *Deep Blue* da IBM derrota Garry Kasparov campeão mundial de xadrez.
  - ▣ Controle autônomo: Sistema de visão computacional da Google<sup>®</sup> treinado para dirigir um automóvel autonomamente.
  - ▣ Diagnóstico: Programas de diagnóstico médico com explicação.
  - ▣ Planejamento logístico e programação de execução de transporte.
  - ▣ Robótica: Ao ponto de ajudarem em microcirurgias.
  - ▣ Reconhecimento de linguagem (*Siri Apple<sup>®</sup>*) e resolução de problemas.

# Referências

42

- Russell & Norvig (AIMA) – capítulo 1
- Luger – capítulo 1