

# Introdução à Inteligência Artificial

1	Definições em IA e de IA.....	2
2	Objetivos do curso.....	5
3	Bibliografia .....	6
4	Histórico.....	9
4.1	IA e Filosofia .....	13
4.2	IA e Matemática.....	14
4.3	IA e Economia .....	15
4.4	IA e Neurociência .....	16
4.5	IA e Psicologia.....	17
4.6	IA e Engenharia da Computação .....	18
4.7	IA e Teoria de Controle .....	20
4.8	IA e Linguística .....	21
5	Condições para a emergência de inteligência .....	22
6	Mente e teoria da mente .....	23
7	Pensamento e sentimento .....	24
8	Consciência e auto-consciência.....	29
9	Mente consciente, pré-consciente e inconsciente.....	31
10	Cérebro e mente (um ponto de vista) .....	32
11	Os limites da computação digital .....	35
11.1	A sala chinesa de Searle.....	36
12	A máquina de Turing .....	39
12.1	Definição de máquina de Turing.....	40
13	O teste de Turing.....	41
13.1	Requisitos para o Teste de Turing.....	44
14	<i>Chatterbots</i> .....	45
15	Bibliografia e fontes de consulta.....	48

# 1 Definições em IA e de IA

*“O ato de forçar definições para as coisas que nós não entendemos completamente geralmente causa mais danos do que benefícios. Além disso, apenas em lógica e matemática é que as definições detêm perfeitamente os conceitos. As coisas com as quais lidamos na vida prática são frequentemente muito complicadas para permitirem uma representação clara baseada em expressões compactas. Em todo caso, não podemos nos privar de buscar uma definição para as coisas, no sentido de entender o que elas são.*

*Marvin Minsky, The Society of Mind, 1985*

- Sabe-se, de forma genérica, que um sistema inteligente é aquele que apresenta capacidade para:
  - ✓ Raciocinar;
  - ✓ Planejar;
  - ✓ Resolver problemas;
  - ✓ Realizar indução, dedução lógica e abdução;
  - ✓ Armazenar conhecimento;
  - ✓ Comunicar-se através de uma linguagem;
  - ✓ Perceber e adaptar-se ao meio;
  - ✓ Aprender.
- A inteligência artificial é um campo da ciência da computação e da engenharia de computação que procura reproduzir, por meios computacionais, essas capacidades.
- *A inteligência é o que você usa quando não sabe o que fazer.*

*Jean Piaget*

- A inteligência envolve a habilidade de obter sucesso no tratamento de novas situações pelo ajuste apropriado do comportamento.

- A inteligência envolve a habilidade de perceber as relações entre fatos de modo a orientar as ações na direção de atingir uma meta desejada (comportamento orientado por metas).
- *“The automation of activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem solving, learning.”* (Bellman, 1978)
- *“The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people.”* (Kurzweil, 1990)
- *“The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better.”* (Rich and Knight, 1991)
- *“The study of mental faculties through the use of computational models.”* (Charniak and MacDermott, 1985)
- *“The study of the computations that make it possible to perceive, reason, and act.”* (Winston, 1992)

- *“Computational intelligence is the study of the design of intelligent agents.”* (Poole,1998)
- *“AI ....is concerned with intelligent behavior in artifacts.”* (Nilsson, 1998)
- *“A field of study that seeks to explain and emulate intelligent behavior in terms of computational processes.”* (Schalkoff,1990)
- *“The branch of computer science that is concerned with the automation of intelligent behavior.”* (Luger, 2009)

## 2 Objetivos do curso

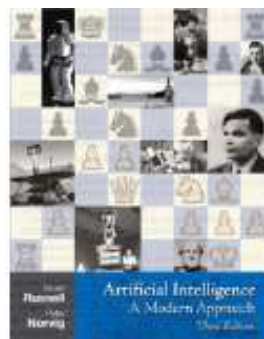
- Introduzir os conceitos e os fundamentos da inteligência artificial e computacional, bem como suas técnicas, metodologias e algoritmos, visando aplicações em engenharia e áreas correlatas.
- Fornecer os instrumentos computacionais para a consolidação dos conceitos, dos fundamentos e solução de problemas no contexto da IA.

### 3 Bibliografia

- A Parte 1 tem bibliografia específica para cada tópico.
- A Parte 2 tem uma bibliografia mais geral:

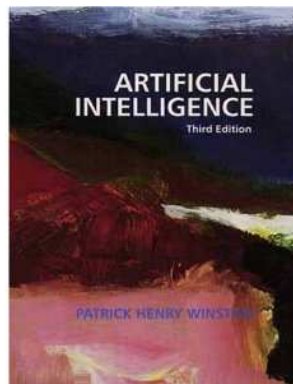
Artificial Intelligence: A Modern Approach

S. Russel & P. Norvig, Prentice Hall, 3rd Edition, 2009



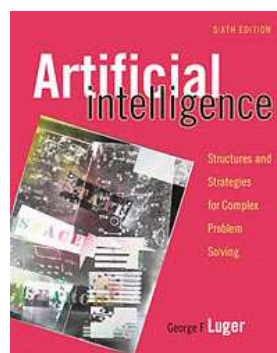
## Artificial Intelligence

P. H. Winston, Addison Wesley, 3rd Edition, 1992



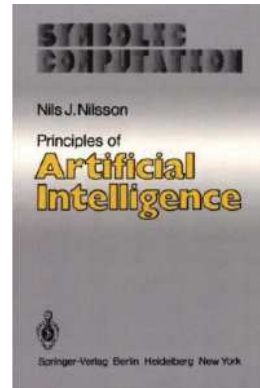
## Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving

G. Luger, Addison Wesley, 6th Edition, 2008



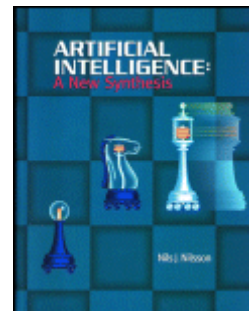
## Principles of Artificial Intelligence

N.J. Nilsson, Springer, 1982



## Artificial Intelligence: A New Synthesis

N.J. Nilsson, Morgan Kaufmann Publishers, 1998





## 4 Histórico

- O termo Inteligência Artificial (IA) foi cunhado em um workshop no Dartmouth College, em 1956, por John MacCarthy.
- No entanto, a humanidade sempre buscou respostas para perguntas desafiadoras envolvendo a inteligência, nos mais variados contextos em que ela se apresenta.
- Serão listados, a seguir, alguns fatos históricos vinculados a área de pesquisa em IA e contribuições derivadas das seguintes áreas:
  - ✓ Filosofia
  - ✓ Matemática
  - ✓ Economia
  - ✓ Neurociência
  - ✓ Psicologia
  - ✓ Engenharia de computação
  - ✓ Teoria de controle
  - ✓ Linguística.

- Anos 40:
  - McCulloch e Pitts (1943): primeiro modelo matemático de um neurônio
  - ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*): criado em 1946, sendo o primeiro computador digital eletrônico de grande escala.
  - Norbert Wiener cunha, em 1948, o termo cibernética, voltado para todo dispositivo que realizasse conjuntamente controle e processamento de informação.
  - Regra de Hebb (1949) para ajuste de pesos de redes neurais artificiais
- Anos 50:
  - Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (1956)
  - Estratégias de busca (jogos de tabuleiro, busca de alvo em labirintos)

Claude E. Shannon, “Programming a Computer for Playing Chess”, *Philosophical Magazine*, Ser.7, Vol. 41, No. 314, March 1950.



Shannon e seu rato eletromecânico Theseus (1950)

- Anos 60:
  - GPS (*General Problem Solver*) (Newell & Simon, 1961)
  - LISP
  - Robótica
  - Sistemas baseados em regras
  - Lógica nebulosa
  - Algoritmos evolutivos

- Anos 70:
  - Representação do conhecimento
  - Sistemas especialistas
  - Complexidade computacional
  - Algoritmos genéticos
- Anos 80:
  - Aprendizagem
  - Redes neurais artificiais
  - Aplicações industriais
- Anos 90:
  - Inteligência computacional
  - Aprendizado de máquina
  - Mineração de dados
  - Agentes

## 4.1 IA e Filosofia

- Questões-chave:
  - Regras formais podem ser usadas para obter conclusões válidas?
  - Como a mente surge do cérebro físico?
  - De onde vem o conhecimento?
  - Como o conhecimento produz a ação?
  
- Silogismo (Aristóteles, 384–322 A.C.)
- Dualismo (Descartes, 1596–650))
- Empirismo (Bacon, 1561–1626)
- Indução (Hume, 1711–1776)
- Positivismo lógico (método científico) (Carnap, 1891–1970)
- Abdução (Charles Sanders Peirce, 1839–1914)

## 4.2 IA e Matemática

- Questões-chave:
  - Quais são as regras formais para se obter conclusões válidas?
  - O que pode ser computado?
  - Como raciocinar com informação incerta e imprecisa?
  
- Lógica proposicional (Boole, 1847)
- Algoritmo (al-Khowarazmi, século 9, Euclides)
- Teorema da incompletude (Gödel, 1906–1978)
- Máquina de Turing
- Intratabilidade (Cobham, 1964; Edmonds, 1965)
- NP-completude (Cook, 1971; Karp 1972)
- Probabilidade (Cardano, 1501–1576)
- Conjuntos nebulosos (Zadeh, 1965)

## 4.3 IA e Economia

- Questões-chave:
  - Como tomar decisões visando maximizar um benefício?
  - Como decidir desta forma quando outros não fazem o mesmo?
  - Como decidir quando o benefício vem a longo prazo?
  
- Utilidade (Walras, 1834–1910)
- Teoria de Jogos (von Neumann e Morgenstern, 1944)
- Teoria de decisão = Teoria probabilidade + Teoria utilidade
- Programação dinâmica (Bellman, 1957)
- Decisões satisfatórias (Simon, 1916–2001)
- Sistemas complexos (Prigogine, 1917–2003)

## 4.4 IA e Neurociência

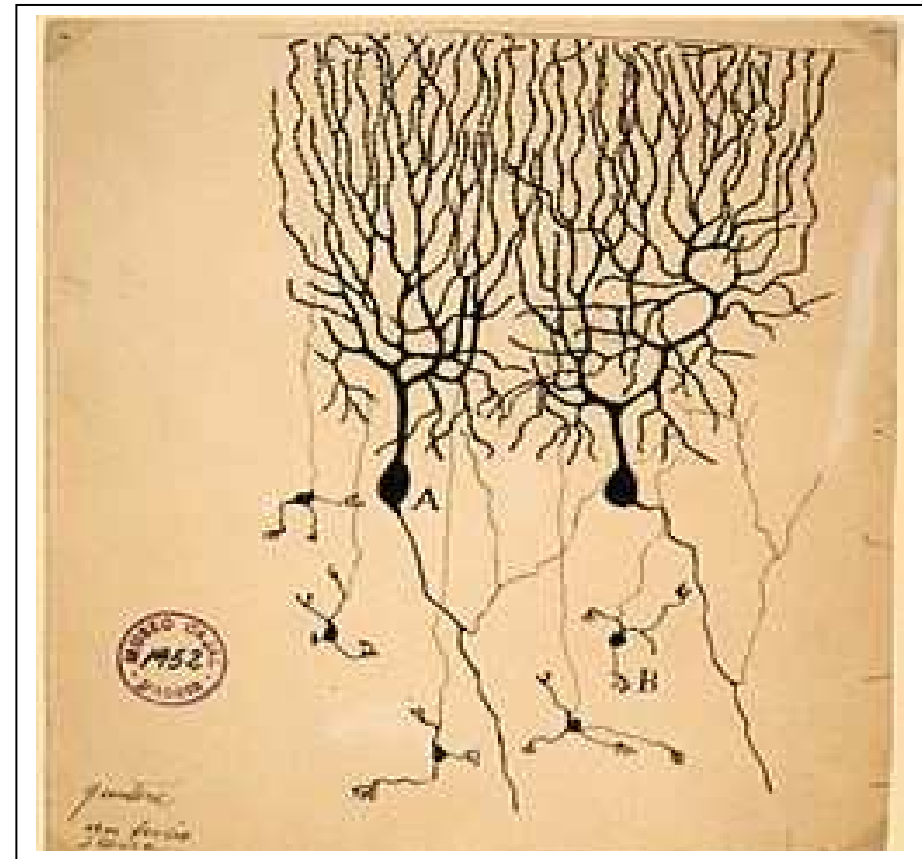
- Questões-chave:
  - Como o cérebro processa informação?
  - Quais são os principais aspectos funcionais, estruturais, celulares, moleculares, computacionais e médicos do sistema nervoso?
  - Como o cérebro evoluiu?
  - Como o cérebro se desenvolve?

– Regiões funcionais de cérebro

(Broca, 1824–1880)

– Neurônios (Golgi, 1843–1926;

Ramón y Cajal, 1852–1934)





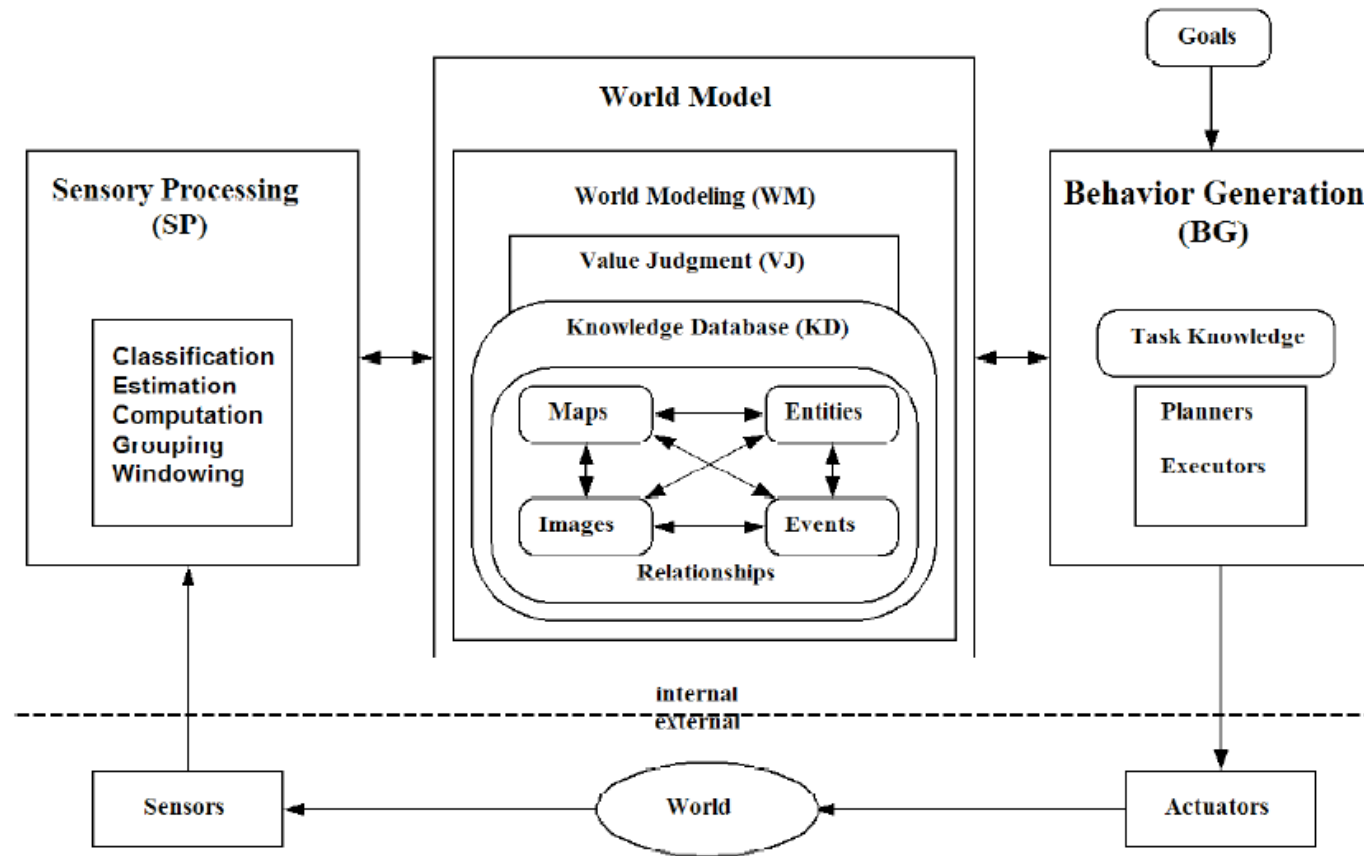
## 4.5 IA e Psicologia

- Questão-chave:
  - – Como humanos e animais pensam e atuam?
- Envolve, portanto, o estudo do comportamento e dos processos mentais.
  - Behaviorismo (Watson, 1878–1958)
  - Psicologia cognitiva (Willian James, 1842–1910)
  - Ciência cognitiva (MIT, 1956)
  - Agente baseado em conhecimento (Craik, 1943)
    1. Tradução do estímulo em uma representação interna
    2. Manipulação da representação por processos cognitivos e geração de novas representações internas
    3. Tradução da representação em ação

## 4.6 IA e Engenharia da Computação

- Questões-chave:
  - Como construir um cérebro artificial?
  - Como tornar os computadores mais capazes de processar e armazenar informação?
- ABC, ENIAC (Atanasoff, 1940/2; Mauchly and Eckert, 1942)
- Programação (Zuse, 1941)
- Linguagens
- Sistemas operacionais
- Estruturas dados
- Orientação a objetos

- Padronização de um sistema inteligente sob uma perspectiva computacional (Albus, J. “*Outline for a theory of intelligence*”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 21, no. 3, pp. 473-509, 1991)



## 4.7 IA e Teoria de Controle

- Questão-chave:
  - Como pode um artefato operar sob o próprio controle?
  
- Water clock (Ktesibios, c. 250 A.C.)
- Governor (Watt, 1736–1819)
- Termostato (Drebbel, 1572–1633)
- Cibernética (Wiener, 1894–1964)
- Controle por realimentação (século 19)
- Teoria moderna de controle (1960)
- Navegação autônoma de robôs (1980)
- Robótica coletiva (1990)

## 4.8 IA e Linguística

- Questões-chave:
  - Como a linguagem se relaciona com o pensamento?
  - Como implementar chatterbots?
  
- Comportamento verbal (Skinner, 1957)
- Estruturas sintáticas (Chomsky, 1957)
- Linguística computacional
- Processamento de linguagem natural
- Representação do conhecimento

## 5 Condições para a emergência de inteligência

- Índice de desempenho: como testar a presença e o grau de inteligência?
- Aspectos funcionais / estruturais: quais são os módulos e mecanismos necessários para que um sistema seja inteligente?
- Condições de contorno: quais são as condições necessárias e suficientes para o comportamento inteligente?
- Testes quantitativos: QI, QE e capacidade de processamento de informação do cérebro.
- Dimensões:
  - ✓ Interna: Inteligência como atributo do sistema nervoso;
  - ✓ Externa: Inteligência como adaptação do organismo ao seu ambiente.

## 6 Mente e teoria da mente

- A Teoria da mente é uma teoria na medida em que a mente não é diretamente observável. O pressuposto que outros têm uma mente é chamado de teoria da mente porque cada humano só pode intuir a existência de sua própria mente através de introspecção, e ninguém tem acesso direto à mente de outra pessoa.
- Há três posições sobre a natureza da mente:
  1. Os dualistas defendem a tese da distinção entre mente e corpo.
  2. Os monistas defendem a tese da identidade entre mente e corpo.
  3. Os epifenomenalistas defendem a tese da superveniência da mente sobre o corpo, ou seja, defendem que os estados mentais são um subproduto dos estados físicos. As propriedades de um tipo F são supervenientes em relação às de outro tipo G, quando as coisas são F em virtude de serem G.

- **Mente e subjetividade:** A mente refere-se a algo interior e subjetivo dos seres humanos, na medida em que o nosso mundo interior, os nossos pensamentos e desejos, os nossos medos e sentimentos são algo que não se pode ver, mas que existe em cada indivíduo.
- Assim, chegou-se à conclusão que existe uma forte relação entre o que cada indivíduo é e como compreende e se comporta a cada momento.
- **Psique:** palavra grega que abrange as ideias modernas de alma, ego e mente.

## **7 Pensamento e sentimento**

- Muitas pessoas não reconhecem que pensar e sentir são coisas diferentes.
- Não somos livres em nossos sentimentos, nem em nossos impulsos de vontade que vêm do nosso inconsciente. Não é possível controlar um sentimento.

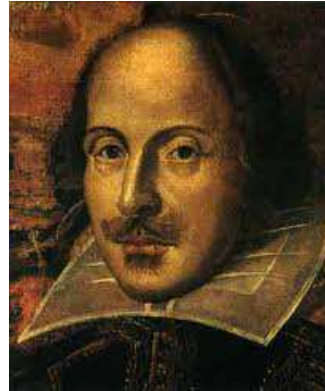


- Por exemplo, quando sentimos sede temos vontade de beber. Não é possível evitar isto. O que podemos fazer é nos tornarmos conscientes de nossos sentimentos e vontades e evitar algumas ações resultantes deles.
- Assim, podemos forçar-nos a comer o que não gostamos (por acreditar ser benéfico) ou não beber se o líquido disponível, por exemplo, não é saudável. Mas evitamos ou não essas ações após termos pensado sobre nossos sentimentos e vontades.
- Ao contrário do sentimento, podemos escolher e produzir nosso próximo pensamento.
- Pensar é a atividade mais fundamental da vida humana moderna (STEINER, 2000).
- Nada mais atual do que a expressão de Decartes: “Penso, logo existo”.
- Lembre-se que o enunciado mais simples que se pode elaborar sobre alguma coisa é que ela existe.

- “O pensamento consciente do homem não se apresenta como algo algorítmico” (PENROSE, 1991)
- O pensar é auto-reflexivo: é possível pensar sobre o pensar.
- O pensar é auto-sustentável: não depende de nenhuma outra coisa.
- O pensar é auto-determinado: é possível decidir qual será o seu próximo pensamento e exercê-lo de fato.
- Depois de termos, em completa liberdade, escolhido o que pensar, podemos decidir fazer algo no mundo baseado em tal pensamento, isto é, criamos uma vontade – mas uma vontade que veio do nosso consciente, e não do nosso inconsciente.
- Seres humanos podem controlar suas ações antes de realizá-las, porque eles podem imaginar as consequências antes de executá-las.

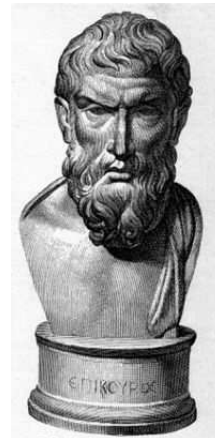
Não posso escolher como me sinto, mas posso escolher o que fazer a respeito.

William Shakespeare, poeta e dramaturgo inglês (1564-1616)

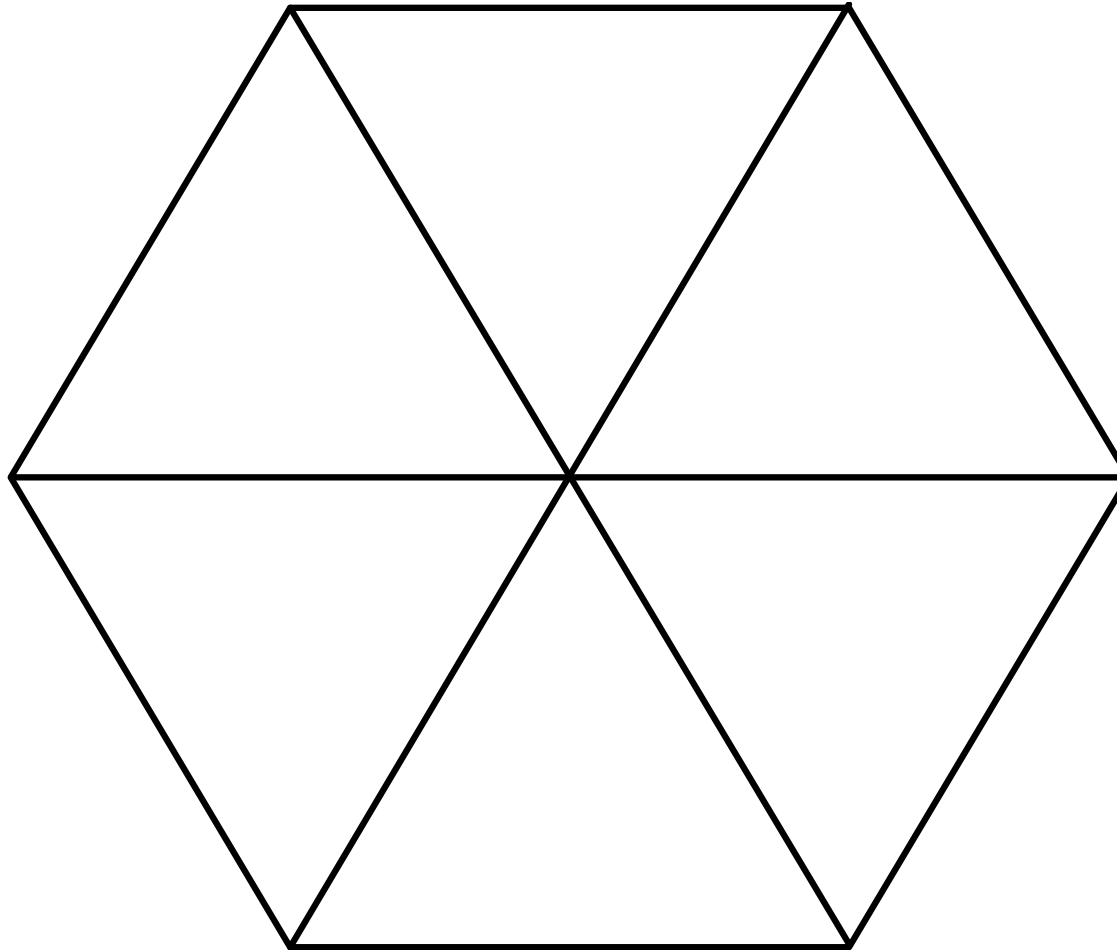


O que queremos nem sempre é o que precisamos.

Epicuro, filósofo grego (341-270 a.C)



- Quanto à percepção sensorial, mesmo que nossos sentidos estejam transmitindo algo a nós, não percebemos nada se não formos capazes de associar a percepção a algum conceito apropriado. Isso é feito pelo pensamento e envolve imaginação.



- Conclusão: Como as máquinas não podem pensar, elas não podem ser livres.
- Aristóteles: A razão distingue os homens dos animais.
- Platão: Só atingimos a virtude por meio do uso da razão.
- Sócrates: Uma vida privada de exame racional não vale a pena ser vivida.
- Sócrates: A vida é uma tragédia para os que sentem e uma comédia para os que pensam.

## 8 Consciência e auto-consciência

- Consciência é um atributo da mente e é tema de estudo da filosofia da mente, da psicologia, da neurologia e da ciência cognitiva.
- Embora não exista consenso a respeito de como o fenômeno de consciência deve ser estudado ou definido, seguem dois ensaios de definição para consciência e auto-consciência:

Consciência: Conhecimento imediato da sua própria atividade psíquica ou física.

Auto-consciência: Consciência que adquire a capacidade de refletir sobre si mesma, i.e., que se reconhece como o domínio da racionalidade, do pensamento, ou dos chamados estados interiores; consciência-de-si.

- Defende-se que animais têm consciência, mas não têm auto-consciência. A consciência de animais e seres humanos depende de sentimentos.
- Sob este prisma, apenas seres humanos podem ser auto-conscientes, devido à sua capacidade de pensar e introduzir novidades no mundo.
- Consciência  $\leftrightarrow$  sentimentos    ||    Auto-consciência  $\leftrightarrow$  pensamentos
- *“Anything that we are aware of at a given moment forms part of our consciousness, making conscious experience at once the most familiar and most mysterious aspect of our lives.”* S. Schneider & M. Velmans. The Blackwell Companion to Consciousness. Wiley, 2008.

## 9 Mente consciente, pré-consciente e inconsciente

- Mente consciente: engloba tudo que pode ser percebido, ou seja, corresponde aos processos mentais a respeito dos quais podemos falar e sobre os quais podemos pensar e racionalizar. Inclui sensações, percepções, memórias, sentimentos e fantasias que afloram.
- Mente pré-consciente: inclui tudo que não estamos pensando no momento, mas que pode ser facilmente trazido à mente consciente.
- Mente inconsciente: envolve tudo aquilo que se encontra distante da percepção.
- Freud defendia que, mesmo não havendo consciência desses pensamentos, sentimentos e emoções, a mente inconsciente exerce uma forte influência no comportamento do indivíduo.

## 10 Cérebro e mente (um ponto de vista)

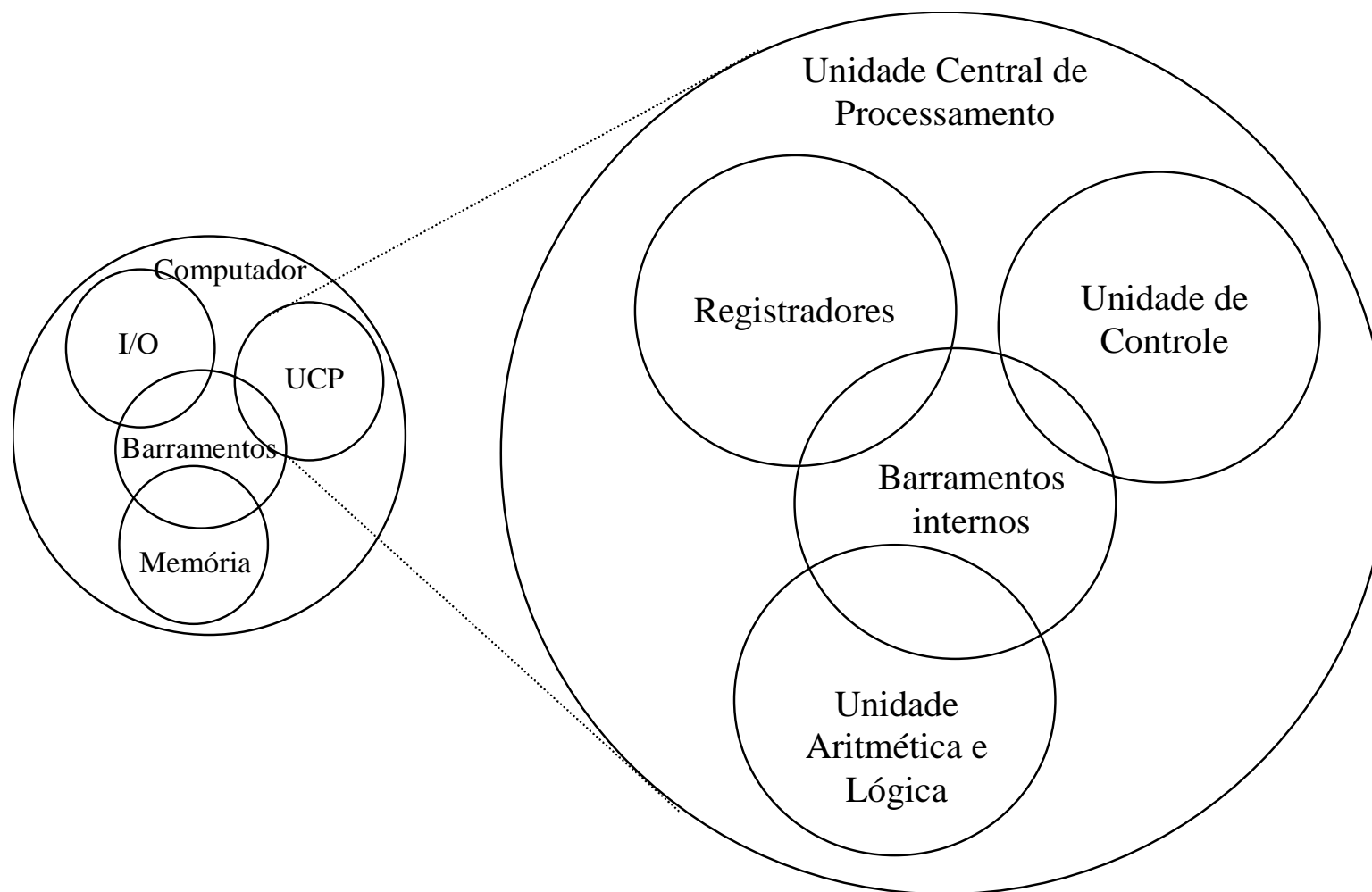
- Hipótese 1: O pensar é um resultado de processos nervosos dentro do cérebro.
- O único conhecimento de que dispomos na atualidade dos processos de pensamento é que certas áreas do cérebro são mais ativas do que outras quando certos tipos de pensamentos, sentimentos, percepções ou lembranças são exercitados.
- Hipótese 2: Segundo SETZER (2002), a atividade cerebral é uma consequência e não uma causa, ou seja, para ele, o pensamento não se origina no cérebro.
- Spinoza: “Se duas coisas não têm nada em comum entre si, uma não pode ser a causa da outra”.
- Conclusão: “O ser humano deve ter algo da mesma qualidade do mundo platônico, não-físico, das ideias para que possamos alcançá-lo”. Logo, o ser humano não é um sistema puramente físico.



- Hipóteses:
  1. O cérebro produz nossos pensamentos, portanto não é uma máquina;
  2. O cérebro é uma máquina, portanto não produz nossos pensamentos;
  3. O cérebro não é uma máquina e não produz nossos pensamentos.
- Na opinião de SETZER (2002), a última hipótese é a mais provável.
- Considerando que nosso pensamento não é físico e não é gerado pelo cérebro, mas obviamente influencia a sua atividade, o cérebro tem de ser influenciado por algum processo não-físico. Portanto, ele deve ser constituído de tal modo que as leis físicas devem, em certos processos, deixar lugar para a atuação do pensamento não-físico.
- Nós podemos fazer coisas diferentes com nossos membros, simultaneamente, como usar as mãos enquanto andamos. Mas a mente consciente está concentrada em apenas um pensamento.

- Se um materialista supõe que os seres humanos podem ser livres, ter dignidade humana e responsabilidade, podem exercitar um amor altruísta, ou que há propósito na vida, ele deve mudar de lado e se tornar um espiritualista, isto é, ele deve tomar a hipótese de que também existem processos não-físicos, que acontecem em um mundo não-físico, mas podem influenciar o universo físico.
- Para alguém que admite que há um “mundo” não-físico e que plantas, animais e seres humanos têm constituintes não-físicos, considerar que seres humanos (ou animais, ou plantas) são máquinas não faz sentido, porque as máquinas são simplesmente sistemas físicos.

# 11 Os limites da computação digital



- Os computadores digitais são máquinas lógico-simbólicas, algorítmicas.
- A matemática envolvida é restrita, pois só trabalha com um conjunto discreto de símbolos e funções.
- Um programa é uma sequência de regras matemáticas sobre como transformar, transportar e armazenar dados.
- Logo, um computador é uma máquina sintática.

### **11.1 A sala chinesa de Searle**

- SEARLE (1991) descreve uma sala com uma pessoa que domina o idioma inglês, o operador. Muitos cestos com ideogramas chineses estão na sala, assim como um livro de regras, escrito em inglês, de como combinar os ideogramas chineses.
- O operador recebe por uma abertura de entrada (na parede da sala) uma sequência de ideogramas chineses e, consultando o livro de regras, combina esses ideogramas de entrada e alguns que estão nos cestos, compondo uma nova

sequência. Esta nova sequência é então passada por uma abertura de saída (na parede da sala).

- Embora o operador não saiba, ele está respondendo a perguntas no idioma chinês.
- SEARLE (1991) argumenta que há uma diferença marcante entre este operador e uma pessoa que domina o idioma chinês e responda às mesmas perguntas sem usar o livro de regras. O primeiro está apenas seguindo regras sintáticas. O segundo está associando semântica (significado) ao que está fazendo e, portanto, está fazendo muito mais que o primeiro.
- A conclusão de SEARLE (1991) é que os computadores, por serem máquinas sintáticas, podem substituir o operador.
- Há algo mais em ter uma mente do que executar processos formais ou sintáticos.
- Logo, programas não são suficientes para atribuir mentes a computadores.
- Conclusão: Computadores nunca podem pensar, porque pensar envolve semântica. Com isso, computadores nunca poderão ser inteligentes.

- No entanto, há outras perspectivas entre os estudiosos do assunto. De acordo com uma visão mais extrema, o cérebro é apenas um computador digital e a mente é um programa de computador. Podemos resumir esse ponto de vista dizendo que a mente está para o cérebro assim como o programa está para o *hardware* do computador.
- Esse ponto de vista é representado, por exemplo, por Alan Newell, que afirma que “descobrimos que a inteligência é só uma questão de manipulação física de símbolos.” Alan Newell e Herbert Simon, em uma famosa declaração, disseram em 1976 que um sistema físico de símbolos é necessário e suficiente para o que eles chamam de “ação geral inteligente” (FETZER, 2001, pp. 43, 74, 156).
- “*The necessary and sufficient condition for a physical system to exhibit general intelligent action is that it be a physical symbol system.*” [A. Newell & H. Simon in Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. Comm. ACM, 19:3, 1976.]

- O problema da fundamentação do símbolo (“*the symbol grounding problem*”): como atribuir significado (semântica) aos símbolos?
- “*How can the semantic interpretation of a formal symbol system be made intrinsic to the system, rather than just parasitic on the meanings in our heads? How can the meanings of the meaningless symbol tokens, manipulated solely on the basis of their (arbitrary) shapes, be grounded in anything but other meaningless symbols? The problem is analogous to trying to learn Chinese from a Chinese/Chinese dictionary alone.*” [Harnad, S. (1990) The Symbol Grounding Problem. Physica D 42: 335-346.]

## 12 A máquina de Turing

- Uma máquina é um dispositivo físico que foi projetado e construído por seres humanos, eventualmente usando outras máquinas ou produtos delas.
- Não há nenhuma máquina, mesmo que abstrata, que expresse auto-determinação.
- Como a liberdade requer auto-determinação, as máquinas não podem ser livres.

## 12.1 Definição de máquina de Turing

- É uma concepção abstrata de um computador, sendo que a cada instante essa máquina se encontra em um determinado estado, dentre um número finito de estados. Ela utiliza uma fita infinita dividida em células. Cada célula pode estar em branco ou conter um símbolo de um alfabeto finito. A máquina tem uma cabeça de leitura e de gravação, a qual se encontra sempre sobre uma das células da fita.
- Uma instrução da máquina de Turing é executada da seguinte maneira: estando em um determinado estado, a cabeça lê o símbolo na célula da fita que está sob ela; baseada neste símbolo e no seu estado atual, a máquina grava um símbolo (outro ou o mesmo) na célula que está sob ela. Em seguida, a máquina move a cabeça (ou então a fita) para a direita ou para a esquerda um certo número de células e, finalmente, muda para um dentre os estados possíveis.



- Esta sequência de operações é executada até que se atinja um estado particular, denominado estado final, ou até que uma dada instrução não possa ser executada, ou seja, não existe ação determinada para o par ⟨estado da máquina; símbolo lido⟩.
- Segundo a tese de Church-Turing, qualquer procedimento computacional pode ser executado usando a máquina de Turing.
- Logo, qualquer computador digital real pode ser simulado empregando-se a máquina de Turing, razão pela qual ela é denominada de máquina universal.

## 13 O teste de Turing

- TURING (1950) teve uma intuição de que nosso pensamento é uma atividade interior muito especial, e que seria eventualmente impossível descrever seu processo cientificamente:

“Será que as máquinas não poderiam realizar algo que deveria ser descrito como pensar mas que é muito diferente do que um ser humano faz? Esta objeção é muito forte, mas ao menos podemos dizer que se, contudo, uma máquina puder ser construída para jogar o jogo da imitação satisfatoriamente, nós não precisamos nos preocupar com essa objeção.”

- O teste de Turing afirma que um computador pode ser chamado de inteligente se ele puder enganar um ser humano ao fazê-lo acreditar que o computador é um humano. O teste consiste em um ser humano realizar um interrogatório através de um terminal, visando descobrir se do outro lado do terminal se encontra um ser humano ou um computador. Caso seja um computador que esteja fornecendo as respostas e o interrogador não conseguir decidir se se trata de um ser humano ou um computador, então este computador é dito ter sido aprovado no teste de Turing.

- Há variantes do teste de Turing, dentre as quais destaca-se:
  - ✓ O interrogador tem do outro lado do terminal um humano e um computador, sendo que o objetivo é dizer quem é o humano e quem é o computador.
- O teste de Turing é equivalente ao “jogo do fingimento”, onde existem três participantes, sendo um homem, uma mulher e um interrogador de qualquer sexo. O objetivo do jogo é o interrogador, através de perguntas aos participantes e sem ter acesso a aspectos físicos dos entrevistados, tentar identificar quem é o homem e quem é a mulher, sendo que o homem tenta impedir que a discriminação seja realizada pelo interrogador.
- Turing sugere que questionamentos sejam restritos para que habilidades e/ou deficiências específicas <ser humano>/<máquina> sejam irrelevantes.
- Com este teste, Turing abre mão da necessidade de definir objetivamente os atributos necessários para a caracterização de uma máquina como um sistema inteligente, assunto discutido na seção introdutória.

## 13.1 Requisitos para o Teste de Turing

- Processamento de linguagem natural (PLN): comunicação;
  - Representação de conhecimento: armazenar o que sabe e escuta;
  - Raciocínio automático: responder perguntas, chegar a novas conclusões;
  - Aprendizagem de máquina: adaptar-se a novas circunstâncias, reconhecer e extrapolar padrões.
- 
- Teste de Turing total:
    - Visão computacional: percepção de objetos;
    - Robótica: manipulação de objetos.

## 14 *Chatterbots*

- Infelizmente, não existem ainda mecanismos sistemáticos para se medir o grau de inteligência por parte de sistemas artificiais. Daí a relevância da proposta de Turing, que hoje se encontra difundida na forma de *chatterbots*.
- *Chatterbot* (ou *chatbot* ou *verbot*) é um programa de computador que tenta simular um ser humano na conversação com as pessoas. O objetivo é responder perguntas de tal forma que as pessoas tenham a impressão de estar conversando com outra pessoa e não com um programa de computador. Após o envio de perguntas em linguagem natural, o programa consulta uma base de conhecimento e, em seguida, fornece uma resposta que tenta imitar o comportamento humano.
- A palavra *chatterbot* foi inventada por Michael Mauldin (fundador da Lycos, Inc. e criador do primeiro *chatterbot* Julia) em 1994, para descrever estes robôs de conversação.

- Julia está presente na internet, de uma forma ou de outra, desde 1989.
- Sylvie foi o primeiro *chatterbot* com uma face e uma voz, ou seja, o primeiro humano virtual animado.
- Certamente, técnicas para processamento de linguagem natural (PLN) devem estar envolvidas. Para uma lista de *chatterbots*, de softwares para PLN e de grupos de pesquisa em PLN, consulte:

[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Chatterbots#Chatterbots](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Chatterbots#Chatterbots)

Não é suficiente questionar, é também necessário definir caminhos para se chegar a respostas válidas. Na falta de um método lógico de pensar, o resultado natural é que, conforme se avança, cai-se em contradições e mal-entendidos.

Um guarda noturno estava fazendo sua ronda cotidiana quando observou um homem ajoelhado junto a um poste de iluminação procurando algo. Ele então se aproximou e perguntou:

– Perdeu alguma coisa, moço?

O homem então respondeu:

– Sim, perdi um molho de chaves.

O guarda, tentando ajudar, quis saber:

– Você tem alguma ideia de onde o perdeu?

Para sua surpresa, o homem disse com naturalidade:

– Sim, foi lá no fim da rua, no escuro.

Sem entender mais nada, o guarda insistiu:

– Mas então o que você faz aqui, procurando embaixo deste poste de iluminação?

E então o homem explicou:

– É que aqui é o único lugar onde existe luz suficiente para eu poder encontrá-lo.

## 15 Bibliografia e fontes de consulta

- Fetzer, J. H. *Computers and Cognition: Why Minds are not Machines*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- Gomide, F. Notas de aula de EA072 [<http://www.dca.fee.unicamp.br/~gomide/courses/EA072/>].
- Penrose, R. *The Emperor's New Mind – Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics*. New York: Penguin, 1991.
- Searle, J. R. *Minds, Brains and Science - the 1984 Reith Lectures*. London: Penguin Books, 1991.
- Setzer, V. W. *IA – Inteligência Artificial ou Imbecilidade Automática? As máquinas podem pensar e sentir?* 2002. (disponível em: <http://www.ime.usp.br/~vwsetzer/IAtrad.html>) (Nota: Parte das seções deste material foram compiladas a partir desta referência)
- Steiner, R. *A Filosofia da Liberdade* (GA [Catálogo Geral] 4). Trad. M. da Veiga. São Paulo: Ed. Antroposófica, 2000.
- Turing, A. M. Computing machinery and intelligence. In *Mind - a Quarterly Review of Psychology and Philosophy*, Vol. LIX No. 236, pp. 433-460, Oct. 1950.
- Wikipedia [[http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)].