



# Introdução à Inteligência Artificial

Gustavo Batista

LABIC-ICMC-USP

# Definição

- Inteligência Artificial (I.A.) é uma grande área de pesquisa em Ciência da Computação.
- Dado o grande interesse, existem diversas possíveis definições para I.A.
- Russel & Norvig (2010) organiza essas definições em 4 categorias:

Sistemas que pensam como humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Sistemas que agem como humanos	Sistemas que agem racionalmente

# Sistemas que pensam como humanos



John Haugeland

O novo e excitante esforço de fazer com que os computadores pensem ... Máquinas com mentes, no sentido completo e literal.

“[A automação de] atividades que nós associamos com o pensamento humano, atividades tais como tomada de decisões, resolução de problemas e aprendizado.



Richard E. Bellman

Haugeland, J. *Artificial Intelligence: The Very Idea*. MIT Press, 1986.

Bellman, R.E. *An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?* Boyd & Fraser, 1978.

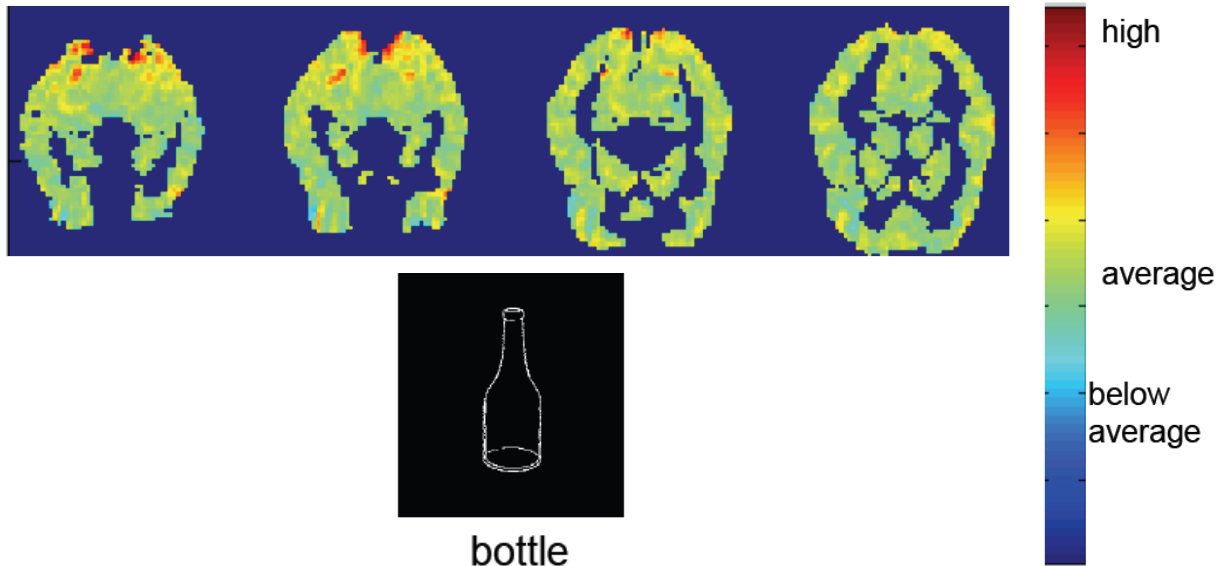
# Sistemas que pensam como humanos

- Requer descobrir como os humanos pensam:
  - Introspecção;
  - Experimentos psicológicos;
  - Imagens do cérebro.
- Os custos de equipamentos de eletroencefalografia (EEG) têm caído significativamente nos últimos anos.



# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics

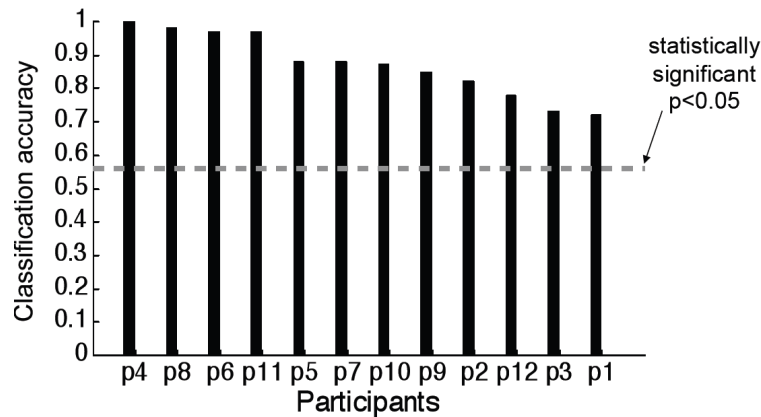
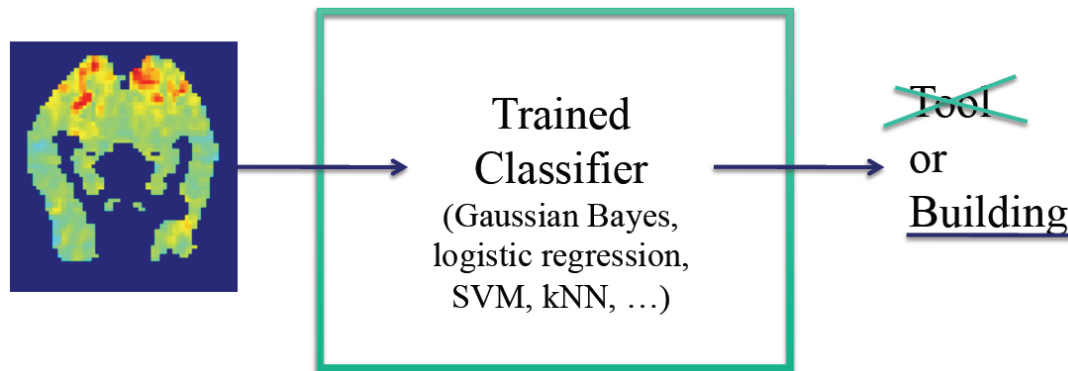
- Tom Mitchell realizou uma série de experimentos interessantes utilizando imagens de fMRI.



Tom Mitchell

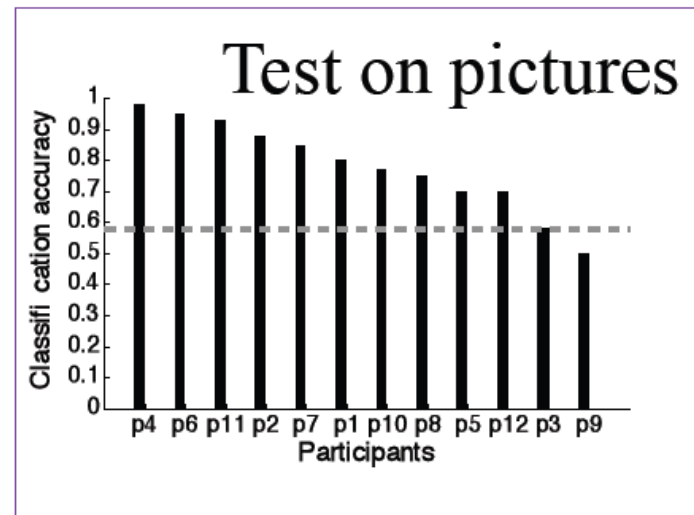
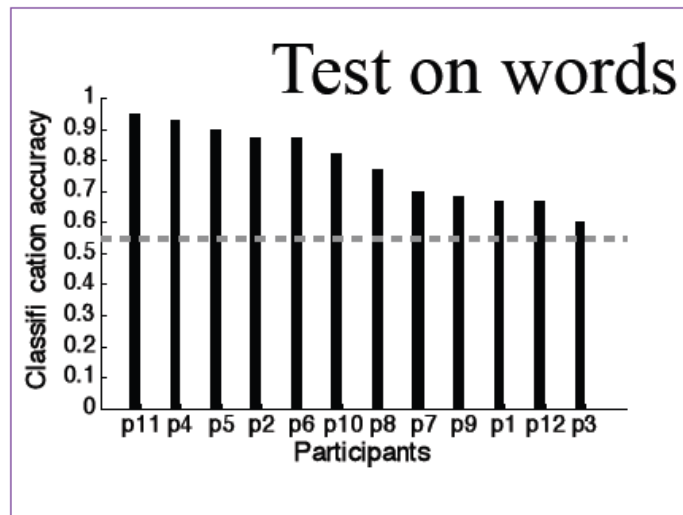
# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics

- É possível criar um classificador para imagens de fMRI?



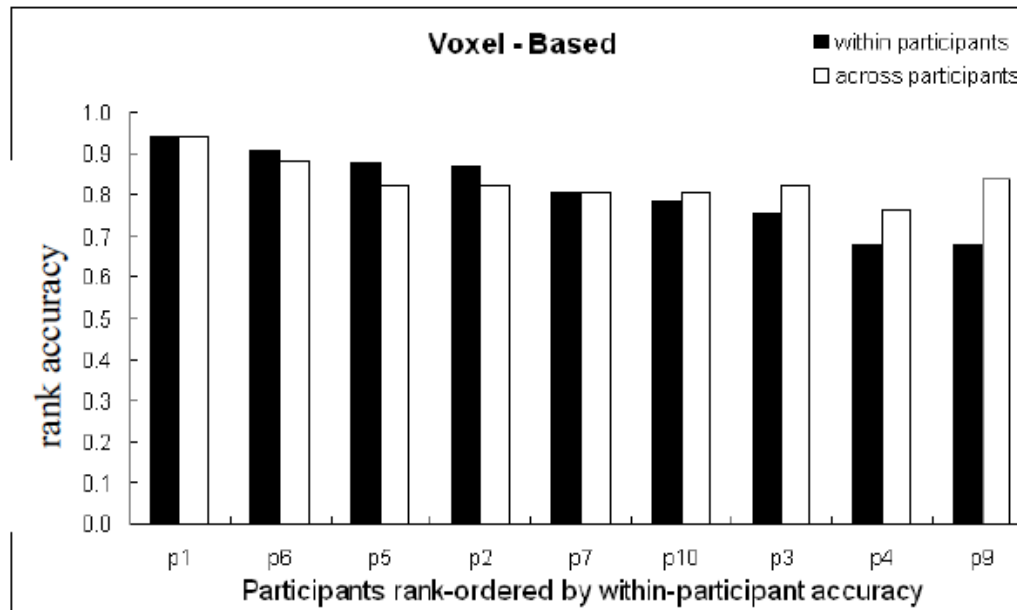
# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics

- O classificador captura atividade neural que codifica o significado ou a aparência?



# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics

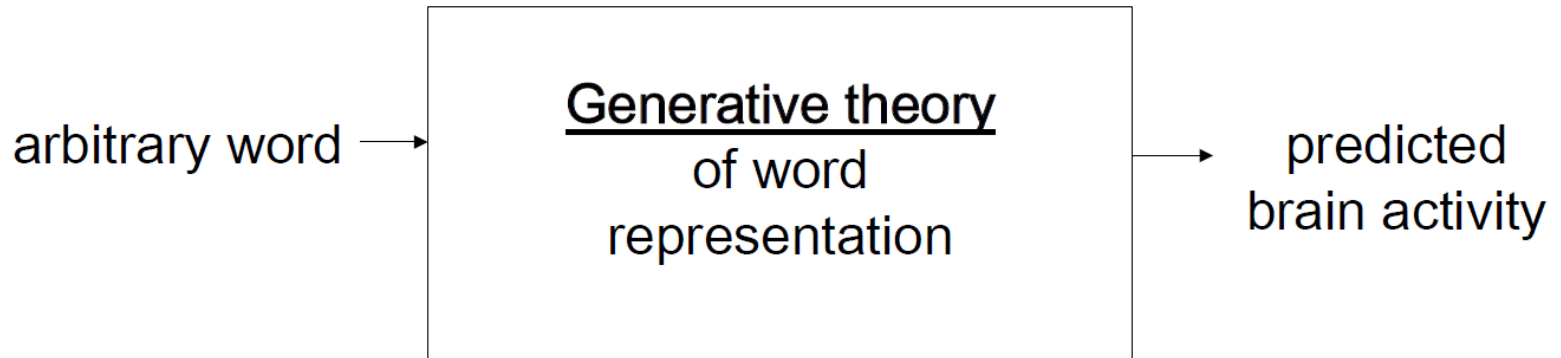
- É possível treinar o classificador para um grupo de pessoas e classificar o estímulo de uma nova pessoa?





# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics

- É possível descobrir os princípios das representações neurais?



# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics

- O modelo utiliza 25 verbos:
  - Sensoriamento: ver, escutar, ouvir, provar (gosto), tocar, cheirar, temer
  - Motor: esfregar, levantar, manipular, correr, empurrar, mover, falar, comer
  - Abstrato: preencher, abrir, montar, aproximar, entrar, dirigir, vestir, quebrar, limpar.
- Foi utilizado uma grande coleção de textos (corpus) disponibilizado pelo Google.

# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics

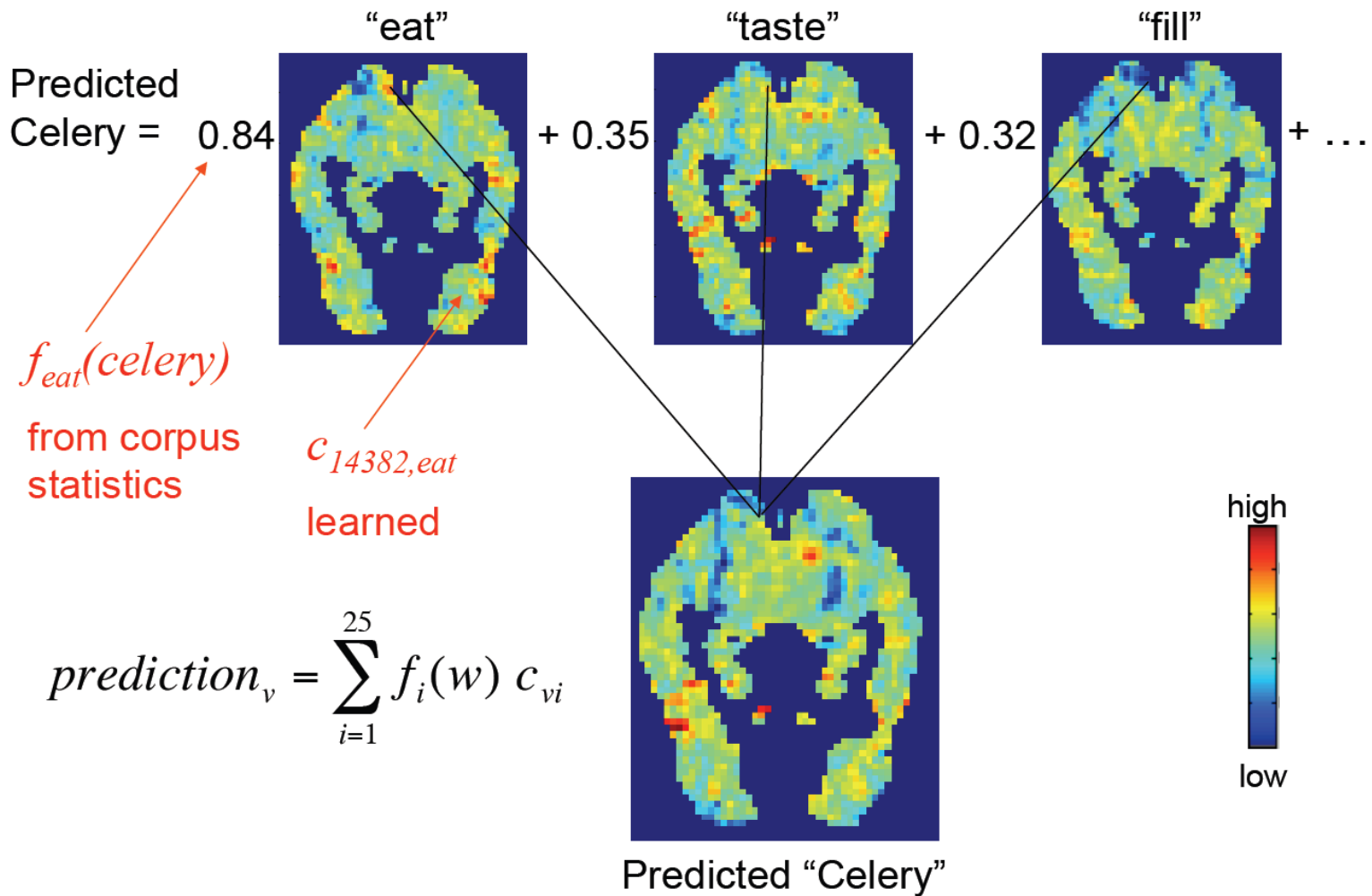
Semantic feature values: “**celery**”

0.8368, eat  
0.3461, taste  
0.3153, fill  
0.2430, see  
0.1145, clean  
0.0600, open  
0.0586, smell  
0.0286, touch  
...  
...  
0.0000, drive  
0.0000, wear  
0.0000, lift  
0.0000, break  
0.0000, ride

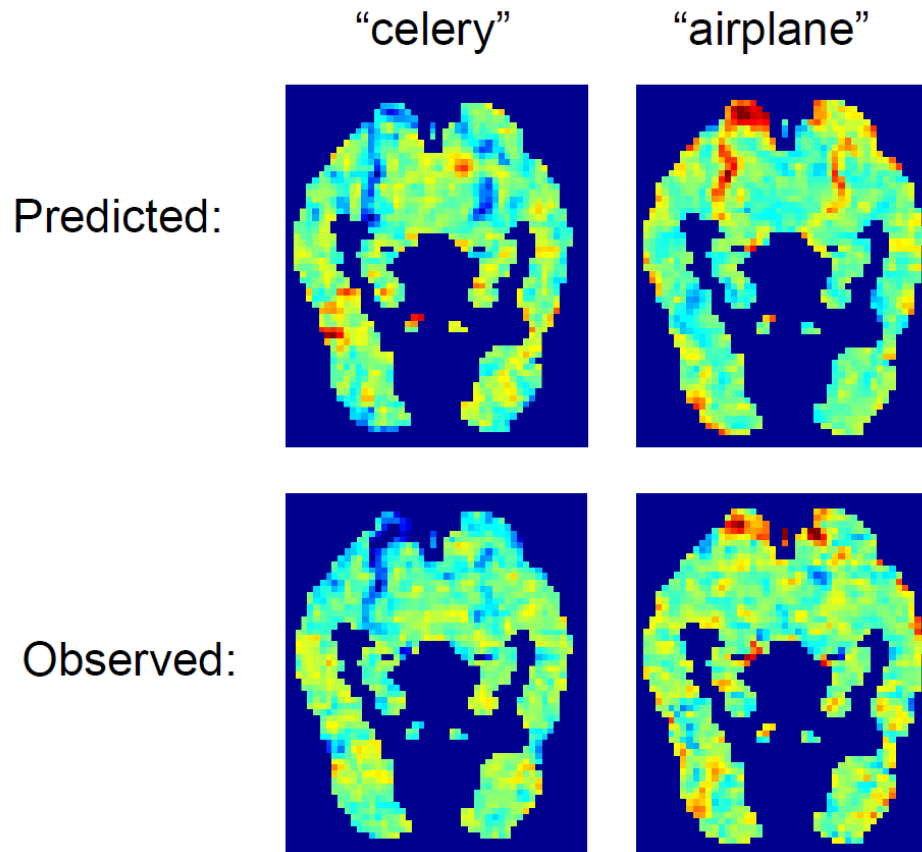
Semantic feature values: “**airplane**”

0.8673, ride  
0.2891, see  
0.2851, say  
0.1689, near  
0.1228, open  
0.0883, hear  
0.0771, run  
0.0749, lift  
...  
...  
0.0049, smell  
0.0010, wear  
0.0000, taste  
0.0000, rub  
0.0000, manipulate

# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics



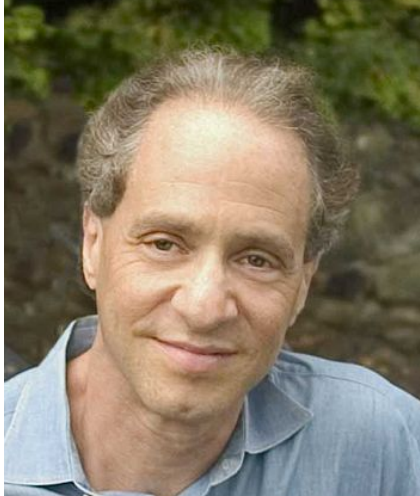
# Curiosidade I: Brains, Meaning and Corpus Statistics



# Definições de I.A.

Sistemas que pensam como humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Sistemas que agem como humanos	Sistemas que agem racionalmente

# Sistemas que agem como humanos



Raymond Kurzweil

A arte de criar máquinas que realizam funções que requerem inteligência quanto realizadas por pessoas.

O estudo de como fazer computadores fazerem coisas que, no momento, pessoas são melhores.



Elaine Rich

Kurzweil, R. *The Age Of Intelligent Machines*. MIT Press, 1992.

Rich & Knight. *Artificial Intelligence*. McGraw-Hill, 1991.

# Teste de Turing

- Um teste projetado para identificar se uma máquina é inteligente. Mas como inteligência é de difícil definição, o teste mede a capacidade da máquina em se comportar como um ser humano.

Seria possível imaginar computadores digitais que desempenhariam bem no *jogo da imitação*?

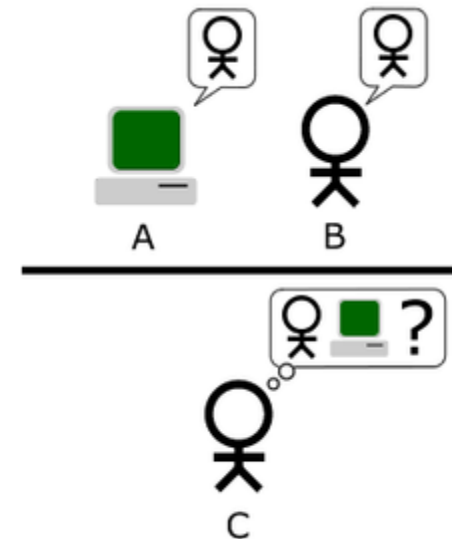


Alan Turing



# Teste de Turing

- O jogo da imitação na qual Turing se refere é uma brincadeira realizada em festas, na qual um homem e uma mulher ficam separados de um terceiro participante.
- Os competidores tentam se passar pela outra pessoa respondendo questões por meio de bilhetes datilografados.
- O Teste de Turing é uma variação na qual uma máquina (A) e um ser humano (B) ficam fisicamente separados do juiz (C).
- Se o juiz não for capaz de identificar a máquina, então diz-se que a máquina passou no Teste de Turing.



# Teste de Turing



Stuart Russell

Pesquisadores de I.A. tem dedicado pouca atenção em passar no teste de Turing.



Peter Norvig

# Teste de Turing

- Mas, será que o juiz não pode ser enganado?
- Weizenbaum (1966) propôs ELIZA, um programa simples que simula uma psicoterapeuta.
- ELIZA utiliza padrões encontrados nas repostas para formular novas frases.
- Por exemplo, a palavra “mother” em uma resposta leva a uma frase como “tell me more about your family”.
- <http://www.chayden.net/eliza/Eliza.html>



Joseph Weizenbaum

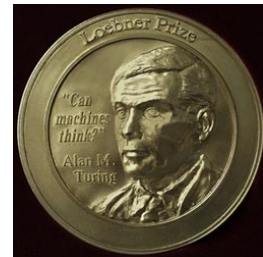
Weizenbaum, J. *ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine*. Communications of the ACM, Volume 9, Issue 1, 1966.

# Curiosidade II: Loebner Prize

- Entretanto, existem algumas competições anuais como o Loebner Prize.
- Prêmio não tem nenhuma relevância científica, e é criticado por diversos pesquisadores.
- Nenhum vencedor das medalhas de ouro ou prata até o momento.
- ALICE venceu em 2000, 2001 e 2004:
  - <http://www.pandorabots.com/pandora/talk?botid=f5d922d97e345aa1>
- Rossete/Rose venceu em 2011/2014:
  - <http://brilligunderstanding.com/rosedemo.html>



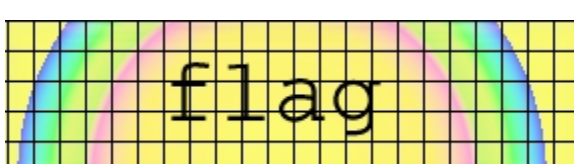
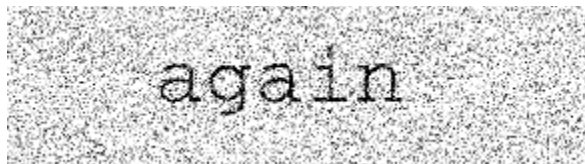
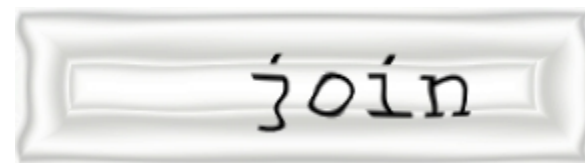
Hugh Loebner\*



\* Mais conhecido como ativista a favor de descriminalização da prostituição.

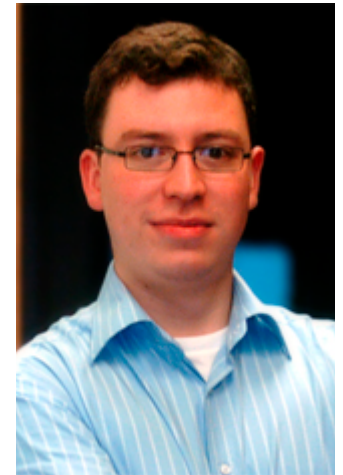
# Curiosidade III: CAPTCHA

- CAPTCHA = *Completely Automated Public Turing test to Tell Computers and Humans Apart*.
- Um teste de reconhecimento de palavras em imagens, supostamente simples para humanos.
- Feito para identificar programas que tentam utilizar serviços na Internet, como abrir contas de e-mail grátis.
- É um teste de Turing, tenta-se identificar uma máquina passando por um ser humano.



# Curiosidade IV: *Human Computation*

- Solucionar problemas que sejam complexos para humanos e máquinas por meio de *crowdsourcing*.
- reCAPTCHAS: tem ajudado na transcrição de 200 milhões de palavras por dia.
- O sistema é utilizado quando 2 OCRs discordam sobre a transcrição de uma palavra.
- Adquirido pelo Google em 2009.



Luis von Ahn



following

finding

and chisels

# Curiosidade IV: *Human Computation*

- 9 bilhões de homem-horas foram usados para jogar paciência em 2003.
  - 7 milhões h-h para construir o Empire State
  - 20 milhões h-h para construir o Canal do Panamá
- Embutir tarefas em jogos é uma abordagem interessante para alguns problemas:
  - Rotular imagens



<https://www.youtube.com/watch?v=tx082gDwGcM>



# Curiosidade IV: *Human Computation*



Player 1 guesses: purse  
Player 1 guesses: bag  
Player 1 guesses: brown

Success! Agreement on “purse”



Player 2 guesses: handbag

Player 2 guesses: purse  
Success! Agreement on “purse”



- 15 milhões de rótulos, 75.000 jogadores
- 5.000 jogadores poderiam rotular todas as imagens do Google em 2 meses.
- Adquirido pelo Google para a busca de imagens.



# Curiosidade V: Amazon Mechanical Turk

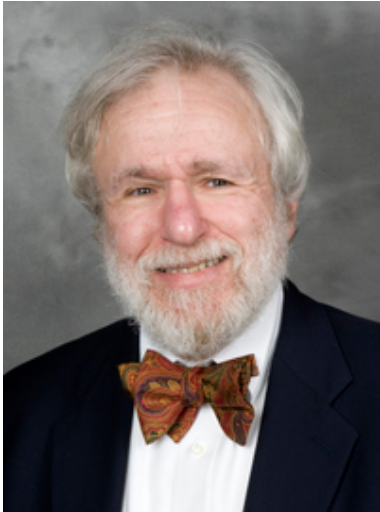
- *Mechanical Turk* era uma falsa máquina capaz de jogar xadrez construída no século 18.
- Amazon mechanical turk é um marketplace na qual se pode contratar pessoas para realizarem tarefas que não podem ser facilmente automatizadas.
- Exemplos de tarefas são rotular fotos, identificar artistas de músicas, transcrever áudio, coletar dados de sites web, responder pesquisas, etc.



# Definições de I.A.

Sistemas que pensam como humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Sistemas que agem como humanos	Sistemas que agem racionalmente

# Sistemas que pensam racionalmente



Eugene Charniak

O estudo de faculdades mentais por meio do uso de modelos computacionais

O estudo das computações que fazem possível perceber, pensar e agir



Patrick Winston

Charniak & McDermott *Introduction to Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, 1985.

Winston, P. *Artificial Intelligence*. Addison Wesley, 1992.

# Sistemas que pensam racionalmente

- É uma abordagem baseada em inferências lógicas.
  - Dedução: processo de se obter conclusões corretas dado premissas corretas
  - Lógica é um formalismo que permite realizar declarações sobre todos os tipos de objetos e relações entre eles
  - Em 1965 já existia um programa capaz de solucionar qualquer problema solucionável descrito em linguagem lógica
  - Entretanto:
    - Existem restrições de representação na linguagem lógica
    - Existem limitações quanto à eficiência do procedimento de prova
    - Dedução versus indução.

# Definições de I.A.

Sistemas que pensam como humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Sistemas que agem como humanos	Sistemas que agem racionalmente

# Sistemas que agem racionalmente



David Poole

Inteligência computacional é o estudo  
do projeto de agentes inteligentes

I.A. ... é preocupada com o  
comportamento inteligente em  
artefatos



Nils Nilsson

Poole et al. *Computational Intelligence: A Logical Approach*. Oxford Press, 1998.

Nilsson, N. *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. Morgan Kaufmann, 1998.

# Sistemas que agem racionalmente

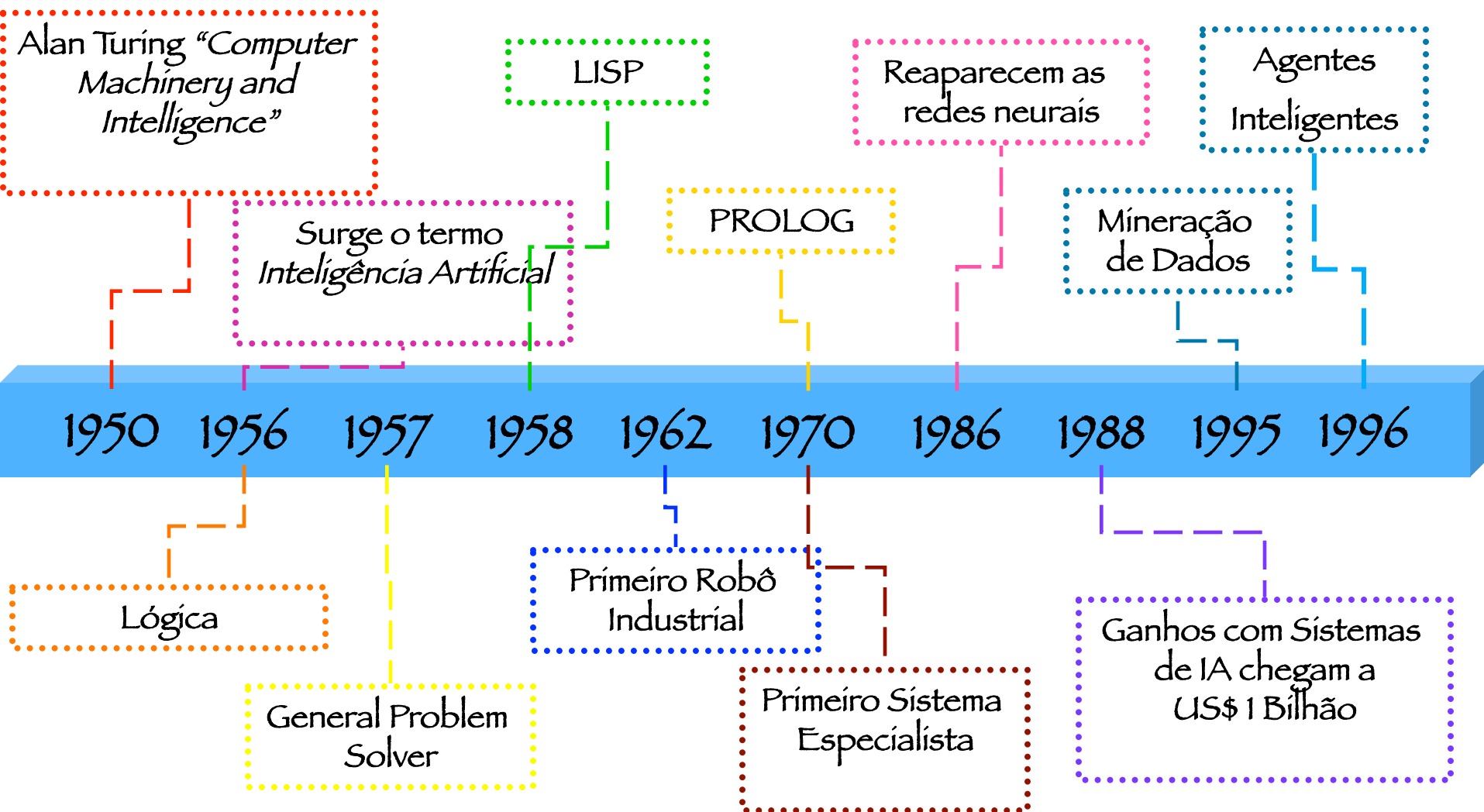
- *“O agente racional é aquele que age para obter o melhor resultado ou, se existe incerteza, o melhor resultado esperado”* (Russel & Norvig, 2010)
- I.A. pragmática:
  - Visa encontrar a melhor solução dado uma medida de sucesso do domínio
  - Recentemente tem utilizado muitos métodos fundamentados em matemática e estatística

# Subáreas da I.A.

- Aprendizado de Máquina (Mineração de Dados)
- Robótica
- Reconhecimento de Voz
- Processamento de Linguagem Natural
- Planejamento
- Sintetização de Voz
- Visão Computacional
- Raciocínio e Tomada de Decisões

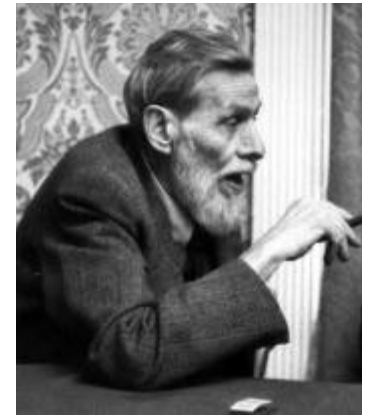


# Linha do Tempo da IA



# IA: Breve História

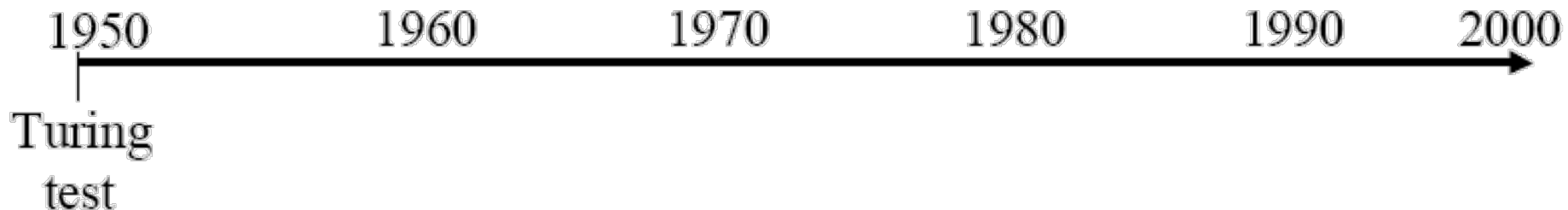
- A gestação de IA (1943-1956)
- 1943: Warren McCulloch e Walter Pitts criam o neurônio artificial
- 1950: Alan Turing com *Can machines think?*



Warren McCulloch

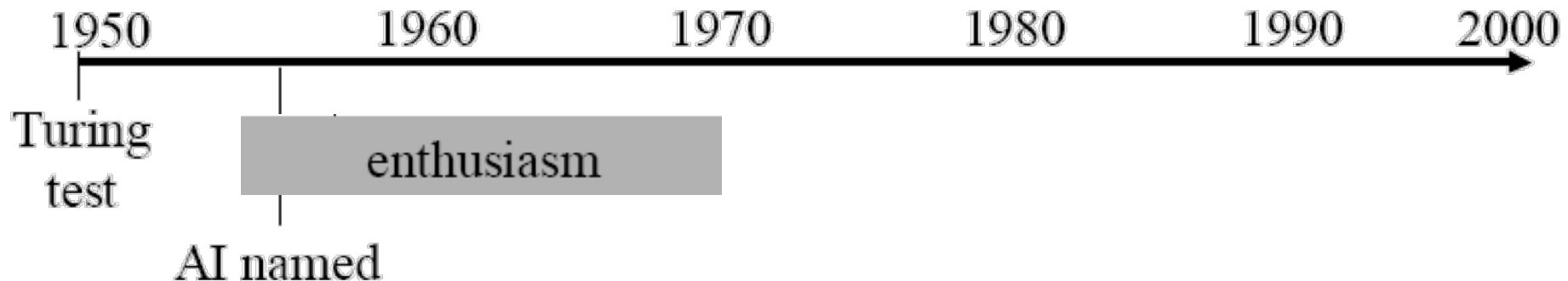


Walter Pitts



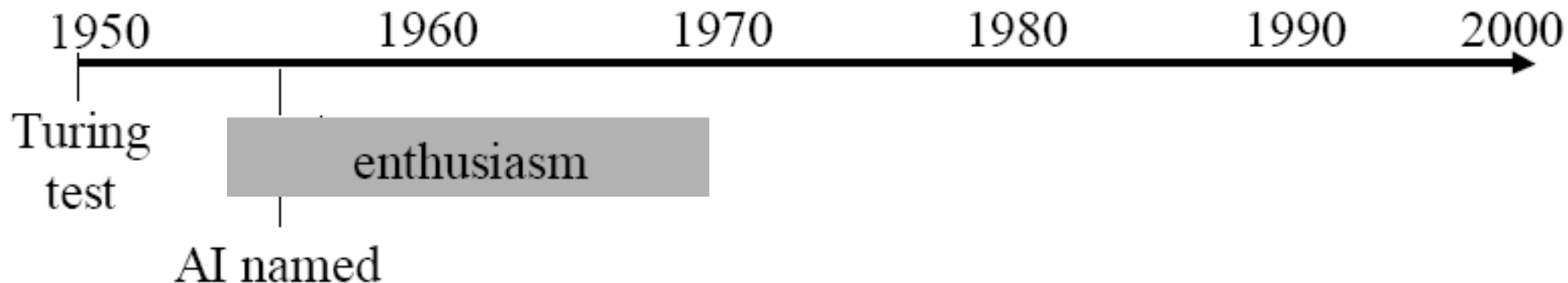
# IA: Breve História

- 1956:Dartmouth summer workshop. Surge o termo Inteligência Artificial
- 1952—1969: O entusiasmo dos primeiros anos de IA : resolução de enigmas, prova de teoremas, LISP, mundo dos blocos, ELIZA, perceptron... Muitos são apenas “*Toy Problems*”



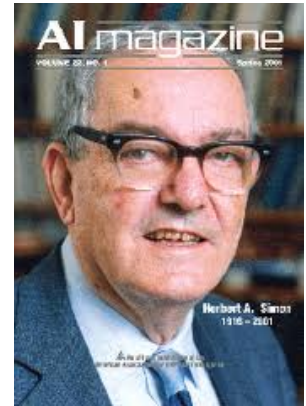
# IA: Breve História

*“Nos propomos um estudo de 2 meses, 10 homens sobre inteligência artificial seja conduzido durante o verão de 1956 no Dartmouth College em Hanover, New Hampshire. O estudo é proceder com base na conjectura de que todo aspecto do aprendizado ou qualquer outra característica de inteligência pode em princípio ser tão precisamente descrito que uma máquina pode ser feita para simulá-lo. Uma tentativa será feita para encontrar como fazer as máquinas utilizar linguagem, abstrações de formas e conceitos, resolver problemas agora restritos a humanos, e melhorar por si mesmas. Nós pensamos que um avanço significativo pode ser feito em um ou mais desses problemas se um seletto grupo de cientistas trabalhar em conjunto por um verão.”*

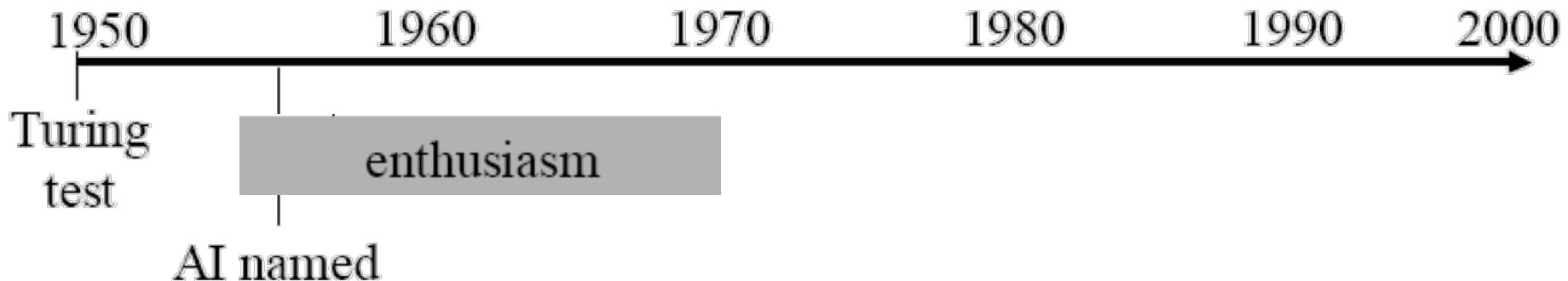


# IA: Breve História

*“Não é meu objetivo surpreender ou chocar vocês – mas a maneira mais simples que eu consigo resumir é dizer que existem agora no mundo máquinas que pensam, que aprendem e que criam. Ainda mais, a habilidade delas de fazer essas coisas vai crescer rapidamente – em um futuro perceptível – a variedade de problemas que elas poderão solucionar será similar com a variedade de problemas que a mente humana tem sido aplicada” - Herbert Simon, 1957.*



Herbert Simon

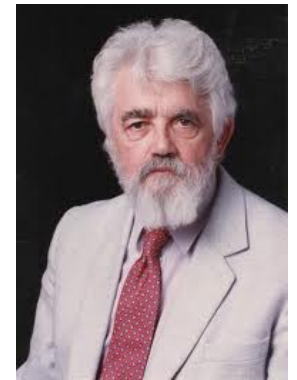


# IA: Breve História

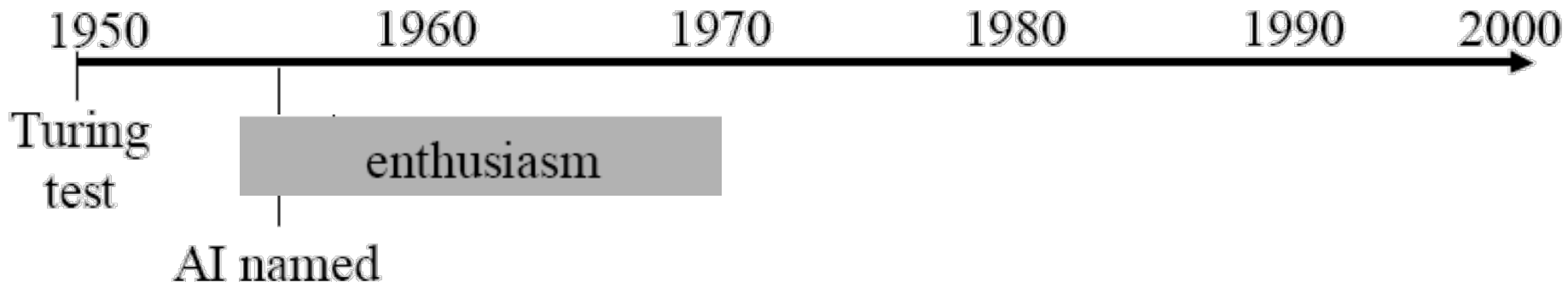
- 1952: Arthur Samuel escreveu uma série de programas para jogar damas e provou o contrário do que era senso comum na época: “a ideia de que computadores podiam fazer somente o que era dito para eles”. Seus programas aprendiam rapidamente a jogar melhor que seu criador.
- 1958: John McCarthy desenvolveu o LISP, que se tornou a linguagem dominante de IA.



Arthur Samuel



John McCarthy



# IA: Breve História

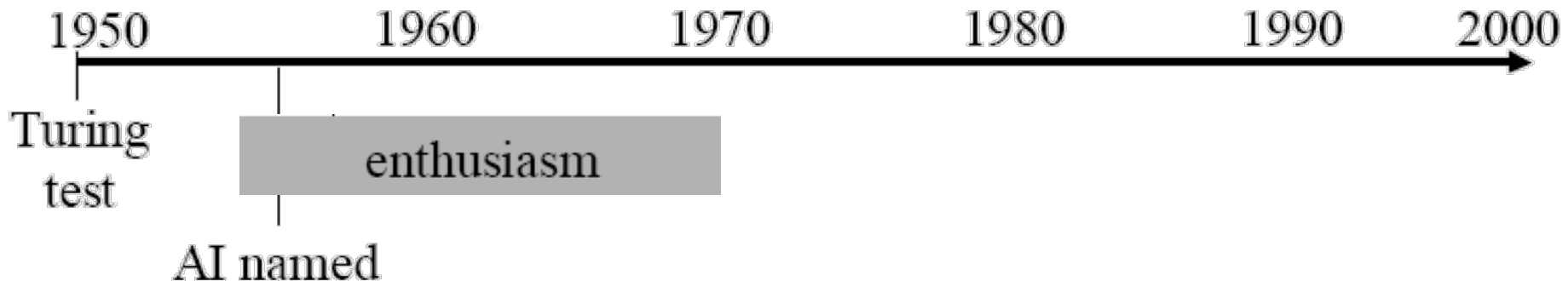
- 1963: J. A. Robinson descobriu o método da resolução: um algoritmo completo de provas de teoremas para a Lógica de 1a Ordem: PROLOG estava a caminho.
- Marvin Minsky supervisionou uma série de estudantes que escolheram problemas limitados que pareciam requerer inteligência para serem resolvidos: micromundos.



J.A. Robinson

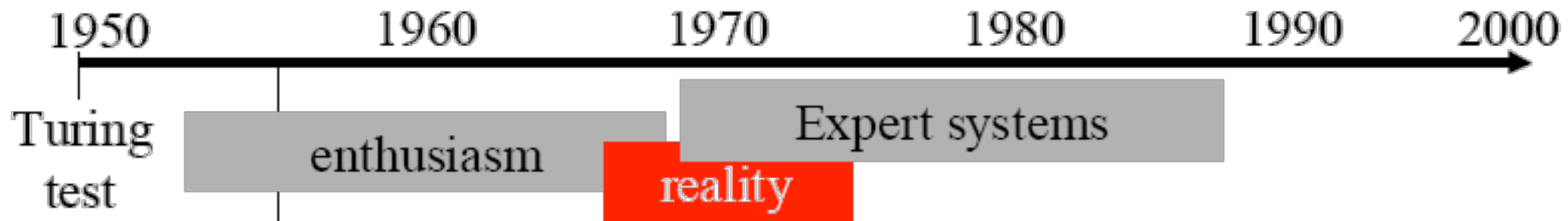


Marvin Minsky



# IA: Breve História

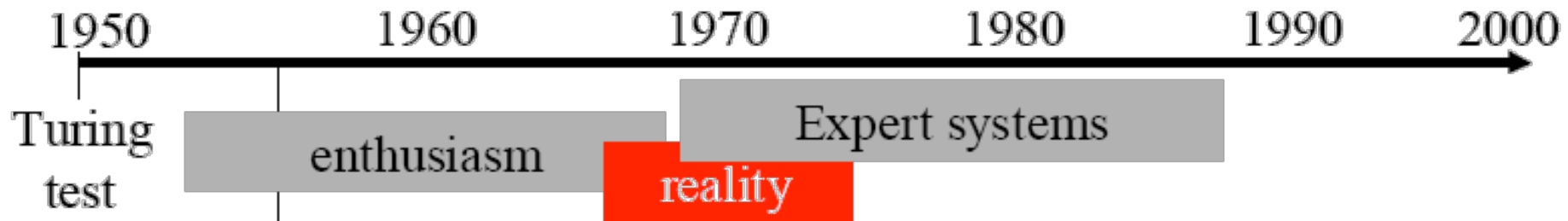
- Uma dose de realidade (1966-1974)
  - Devido a guerra fria havia grande interesse em tradução automática, especialmente do russo para o inglês:
    - “the spirit is willing but the flesh is weak” como “the vodka is good but the meat is rotten”.
    - O governo dos EUA cancela fundos para tradução automática.
  - Redes Neurais possuíam limitações fundamentais.





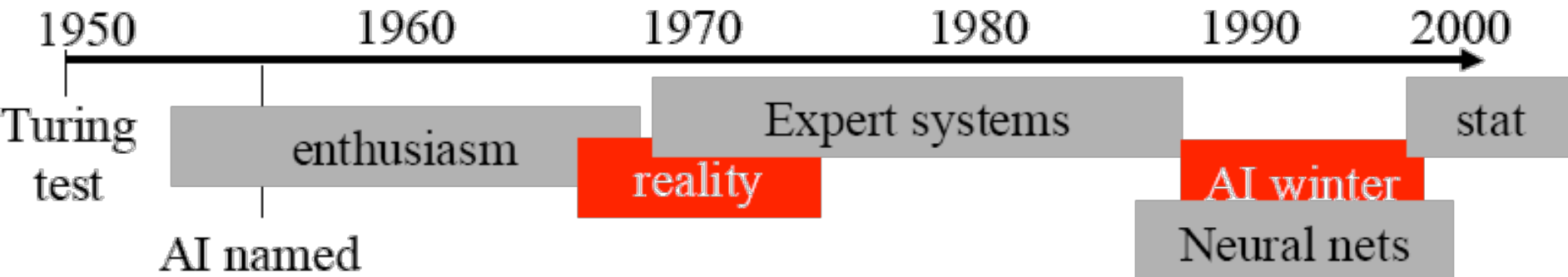
# IA: Breve História

- Uma dose de realidade (1966-1974)
  - Algoritmos genéticos (“machine evolution”)
  - Sistemas baseados com conhecimento
  - Representação de conhecimento



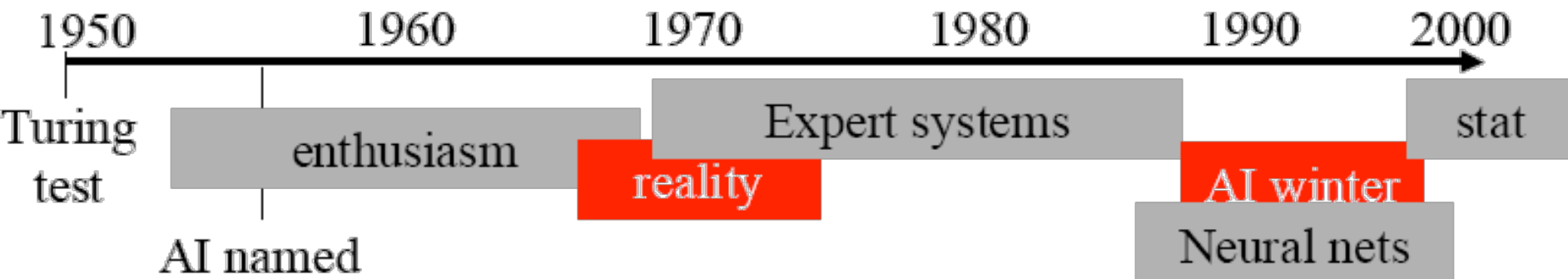
# IA: Breve História

- IA se torna comercial (1980-1988):
  - Algumas empresas reportam que seus sistemas especialistas permitiram grandes reduções de custo.
  - Computador de quinta geração e máquinas otimizadas para executar código LISP ou PROLOG.
  - Sistemas robóticos comerciais.



# IA: Breve História

- Eventos recentes (1986 – presente):
  - Retorno das redes neurais
  - Aprendizado de máquina
  - IA estatística:
    - *Hidden markov models*
    - *Belief networks*



# DARPA Grand Challenge

- DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency
- É uma competição para carros autônomos, ou seja, são dirigidos sem interferência humana. Com o uso de vários sensores e de sistemas de posicionando, o veículo determina todas as características relevantes de seu ambiente.
- 2004
  - 142 milhas no deserto, 15 times, nenhum vencedor, prêmio USD 1M.
- 2005
  - 131.2 milhas no deserto, 23 times, 4 completaram, prêmio USD 2M.
- 2007
  - Circuito urbano em uma base da Força Aérea americana. 60 milhas, 11 competidores, 6 terminaram, prêmios de USD 2, USD 1 e USD 0,5 milhões.



# Deep Blue x Kasparov

- Deep Blue: sistema desenvolvido pela IBM para jogar xadrez, que venceu o campeão Garry Kasparov em 1997.

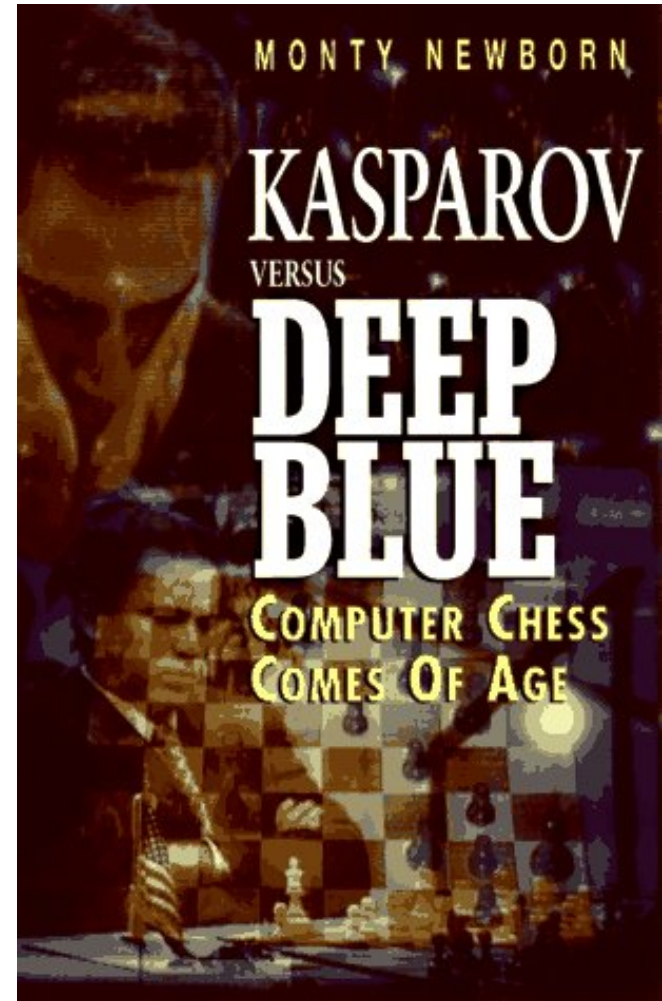


# Deep Blue x Kasparov

- Deep Blue utiliza uma grande árvore de busca e examina 200.000.000 de movimentos por segundo
  - Banco de dados com jogadas de grandes mestres nos últimos 100 anos (inclusive as do Kasparov)
  - Sem aprendizado durante o jogo
- Um jogador profissional de xadrez examina aproximadamente dois movimentos por segundo
- Deep Blue venceu Kasparov essencialmente por força bruta

# Deep Blue x Kasparov

- *“I could feel – I could smell – a new kind of intelligence across the table”*  
- Garry Kasparov.
- *“Saying Deep Blue doesn’t really think about chess is like saying an airplane doesn’t really fly because it doesn’t flap its wings.”*  
– Drew McDermott



# Gamão

- Gerald Tesauro desenvolveu um programa capaz de jogar gamão no mesmo nível dos grandes mestres.
- O programa utiliza uma rede neural que foi ensinada jogando mais de 1 milhão de vezes contra si própria.
- O programa foi capaz de criar uma nova sequência de abertura que hoje é utilizada por quase todos os mestres em campeonatos mundiais.



Gerald Tesauro



# IBM Watson em Jeopardy!

- Watson é um sistema que compreende linguagem natural e venceu os dois maiores campeões do programa de TV Jeopardy!
- Exemplos de perguntas:
  - “Arizona's motto, ditat deus, means he "enriches.””
  - “Sakura cheese from Hokkaido is a soft cheese flavored with leaves from this fruit tree.”





# Apple Siri


- Assistente pessoal inteligente por comando de voz.
- Originalmente desenvolvido como um aplicativo para o App Store.
- Posteriormente adquirido pela Apple e fornecido com o iOS 5.
- Utiliza resultado de 40 anos de pesquisa financiada pelo DARPA.



# Filtro de SPAM

\*\*\*\*SPAM(15.0)\*\*\*\* 100% Satisfaction Guaranteed (no Mastercard!). Buy **Viagra** at Half Price Pharmacy q7mosf2  Spam x  SPAM2 x  



**RhebaGeri** astridmelaine@acgi.com [via](#) icmc.usp.br  
to vbonato 

Feb 16 



**Warning: This message may not be from whom it claims to be. Beware of following any links in it or of providing the sender with any personal information. [Learn more](#)**

Spam detection software, running on the system "mail2.icmc.usp.br", has identified this incoming email as possible spam. The original message has been attached to this so you can view it (if it isn't spam) or label similar future email. If you have any questions, see [postmaster@icmc.usp.br](mailto:postmaster@icmc.usp.br) for details.

Content preview: Buy **Viagra** at Half Price Pharmacy For Visa owners only! Free Shipping, Free Consultation! Up to 40% Loyalty Bonus. Safe Generic medications from non US Licensed(!) pharmacy. 100% Satisfaction Guaranteed (no Mastercard!) <http://onlinemedspills.ru> [...]

Content analysis details: (15.0 points, 5.0 required)

pts	rule name	description
1.0	BAYES_60	BODY: Bayesian spam probability is 60 to 80% [score: 0.7974]
2.0	RCVD_IN_SORBS_DUL	RBL: SORBS: sent directly from dynamic IP address [200.121.168.247 listed in dnsbl.sorbs.net]
3.9	RCVD_IN_XBL	RBL: Received via a relay in Spamhaus XBL [200.121.168.247 listed in sbl-xbl.spamhaus.org]
1.6	URIBL_SBL	Contains an URL listed in the SBL blocklist [URIs: onlinemedspills.ru]
3.8	URIBL_AB_SURBL	Contains an URL listed in the AB SURBL blocklist [URIs: onlinemedspills.ru]
2.1	URIBL_WS_SURBL	Contains an URL listed in the WS SURBL blocklist [URIs: onlinemedspills.ru]
0.5	DRUGS_ERECTILE	Refers to an erectile drug

# Sistemas de Recomendação

- Frequentemente utilizada por lojas como Amazon.com

---

## Frequently Bought Together

Customers buy this book with [Introduction to Algorithms](#) by Thomas H. Cormen Hardcover **\$62.85**



+



**Price For Both: \$180.09**



Add both to Cart

Add both to Wish List

[Show availability and shipping details](#)

---

## Customers Who Bought This Item Also Bought



[Introduction to Algorithms](#) by Thomas H. Cormen

★★★★☆ (42)

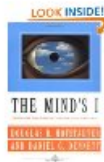
**\$62.85**



[Introduction to the Theory of Computation](#) by Michael Sipser

★★★★☆ (21)

**\$125.08**



[The Mind's I: Fantasies and Reflecti...](#) by Douglas R. Hofstadter

★★★★☆ (33)

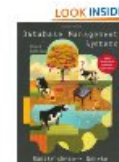
**\$13.90**



[Data Mining: Practical Machine Learning Tools an...](#) by Ian H. Witten

★★★★☆ (18)

**\$39.88**



[Database Management Systems](#) by Raghu Ramakrishnan

★★★★☆ (29)

**\$128.99**



[Pattern Recognition and Machine Learning...](#) by Christopher M. Bishop

★★★★☆ (60)

**\$61.14**

---