



# SCC-630

## Inteligência Artificial

João Luís Garcia Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências de Computação  
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação  
Universidade de São Paulo - São Carlos  
<http://www.icmc.usp.br/~joaoluis>

2011

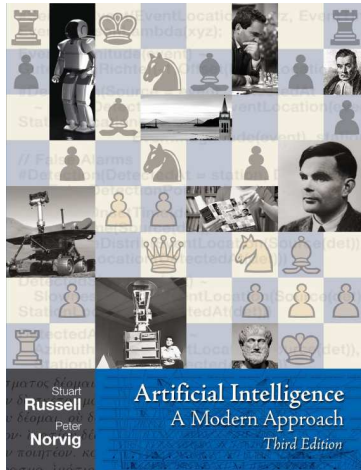
# Sumário

- 1 Definições e Histórico
  - Diferentes visões da IA
  - Histórico
  - Estado da Arte
- 2 Aprendizado de Máquina
  - Máquinas que aprendem
  - Por que estudar IA?
- 3 A disciplina Inteligência Artificial
  - Conteúdo Programático
  - Instrumentos de Avaliação

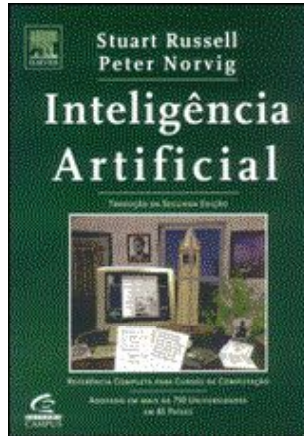
# Sumário

- 1 **Definições e Histórico**
  - Diferentes visões da IA
    - Histórico
    - Estado da Arte
- 2 **Aprendizado de Máquina**
  - Máquinas que aprendem
  - Por que estudar IA?
- 3 **A disciplina Inteligência Artificial**
  - Conteúdo Programático
  - Instrumentos de Avaliação

## Referência [5]



## Referência [36]



# Diferentes visões da IA

- A Inteligência Artificial (IA) pode ser definida de várias formas e através de vários ângulos.
- Segundo Russell & Norvig [5, 35], em relação à ação e ao “pensamento,” os sistemas inteligentes podem se dividir em “humanos” e racionais.

# Sistemas que pensam como “humanos”

- “O novo e excitante esforço para fazer computadores pensarem... máquinas com mentes, no sentido literal e completo” (Haugeland [11])
- “A automação de atividades que nós associamos com o pensamento humano, atividades como tomada de decisões, solução de problemas, aprendizado...” (Bellman [1])

# Sistemas que pensam racionalmente

- “O estudo de faculdades mentais através do uso de modelos computacionais” (Charniak and McDermott [4])
- “O estudo de computações que tornem possível perceber, raciocinar e agir” (Winston [45])



## Sistemas que agem como “humanos”

- “A arte de criar máquinas que realizam funções que requerem inteligência quando realizada por pessoas” (Kurzweil [18])
- “O estudo de como fazer os computadores realizarem tarefas as quais, até o momento, as pessoas fazem melhor” (Rich & Knight [4]).

# Sistemas que agem racionalmente

- “Um campo de estudo que busca explicar e emular comportamento inteligente em termos de processos computacionais” (Schalkoff [38])
- “O ramo da ciência da computação que se preocupa com a automação do comportamento inteligente” (Luger & Stubblefield [21])

# Sumário

- 1 **Definições e Histórico**
  - Diferentes visões da IA
  - **Histórico**
  - Estado da Arte
- 2 **Aprendizado de Máquina**
  - Máquinas que aprendem
  - Por que estudar IA?
- 3 **A disciplina Inteligência Artificial**
  - Conteúdo Programático
  - Instrumentos de Avaliação

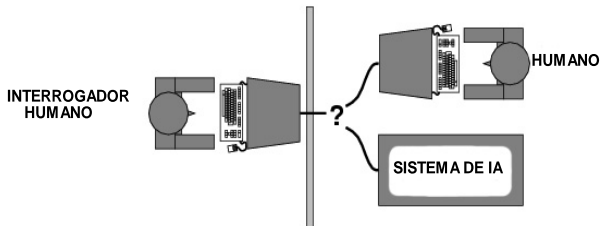
# Pré-história da Inteligência Artificial

- *Filosofia*: lógica, métodos de raciocínio, a mente como sistema físico do aprendizado e da linguagem
- *Matemática*: representação formal e algoritmos de prova, computação, (in)decidibilidade, (in)tratabilidade, probabilidade
- *Economia*: utilidade, teoria da decisão
- *Neurociências*: substrato físico para a atividade mental
- *Psicologia*: fenômenos de percepção e controle motor, técnicas experimentais
- *Engenharia de computação*: construção de computadores rápidos
- *Teoria de controle*: projeto de sistemas que maximizam uma função objetivo
- *Linguística*: representação do conhecimento, gramática

# A “gestação” da Inteligência Artificial (1943 - 1956)

- McCulloch e Pitts (1943) [23]: primeiro modelo matemático do neurônio
- Shannon (1950) [39] e Turing (1953) [41]: programas de xadrez para máquinas de Von Neumann
- Minsky e Edmonds (1951): primeiro computador de redes neurais
- Newell e Simon (1956): programa de raciocínio: Logic Theorist (LT), que era capaz de provar teoremas do Principia Mathematica de Russell e Whitehead
- McCarthy (1956): cria o termo Inteligência Artificial: **A IA faz 55 anos em 2011!**

# O teste de Turing (1950)



- Turing (1950) “Computing machinery and intelligence:” [40]
  - “As máquinas pensam?”
  - “As máquinas têm comportamento inteligente?”
- Teste operacional para comportamento inteligente: o Jogo da Imitação

## O teste de Turing (1950)

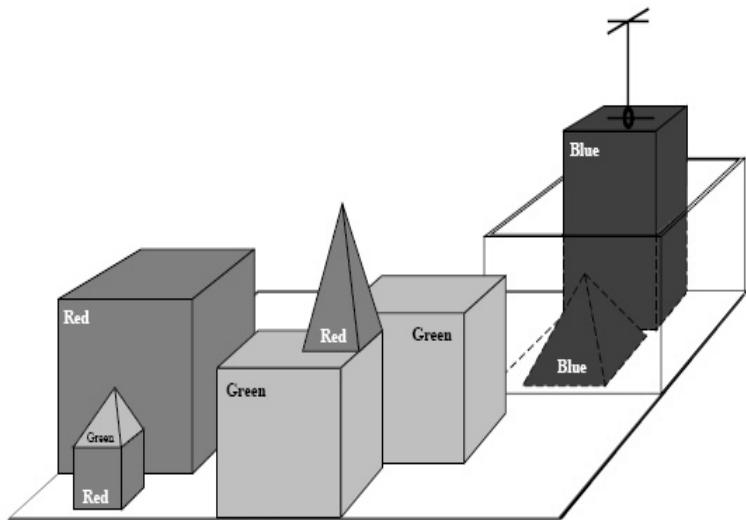
- Previsão: no ano 2000, uma máquina teria 30% de chance de enganar uma pessoa não treinada por 5 minutos
- Antecipou todos os maiores argumentos contra a IA nos 50 anos seguintes
- Sugeriu os maiores componentes da IA: conhecimento, raciocínio, entendimento de língua natural, aprendizado

# Entusiasmo precoce, grandes expectativas (1952-1969)

- Samuel (1952) [37]: jogo de damas: o programa aprendia a jogar melhor que seu criador - apresentado na TV em 1956 - como Turing, dificuldade de achar máquinas
- McCarthy (1958): Lisp. Inventou o time-sharing (DEC)
- McCarthy (1958) [22]: Advice Taker com representação de conhecimento e raciocínio: 1o. sistema completo de IA
- Rochester e Gelernter (1959): Geometry Theorem Prover
- micromundos: onde a IA funciona
- Widrow e Hoff (1960) [43]: adaline
- Newell e Simon (1961) [28]: GPS: 1a.abordagem “pensa como humano”
- Rosenblatt (1962): perceptron [31]



# Micromundo: mundo dos blocos



## Uma dose de realidade (1966-1974)

- Previsões irreais: Simon previu em 1958 que em 10 anos um computador seria campeão de xadrez
- IA funciona bem nos micromundos mas não no mundo real
- Weizenbaum (1965): ELIZA [42]
- Tradução de máquina: russo-inglês (dependência da sintaxe):
  - “the spirit is willing but the flesh is weak” traduzido para
  - “the vodka is good but the meat is rotten”
- Friedberg (1958) [9]: evolução de máquina (algoritmos genéticos)
- Minsky e Papert (1969): Perceptrons [25]
- Bryson e Ho (1969): descoberta do algoritmo de aprendizado backpropagation [2]

# Sistemas Baseados em Conhecimento: a chave para o poder? (1969-1979)

- Abordagens usadas até então: métodos fracos
- Buchanan (1969): DENDRAL [3]: usa conhecimento para inferir estrutura molecular a partir da informação de um espectômetro de massa: grande número de regras
- Feigenbaum: Heuristic Programming Project
- Sistemas especialistas: MYCIN com 450 regras
- Duda (1979): Prospector [8]: prospeção de molibdênio
- Entendimento de Línguas Naturais: SHRDLU de Winograd [44]: ainda dependência da sintaxe
- Charniak: conhecimento geral sobre o mundo
- Woods (1973): LUNAR [46]: PLN como interfaces para BDs

## A IA torna-se uma indústria (1980-presente)

- McDermott (1982) [24]: 1o. Sistema especialista comercial bem sucedido: R1 na DEC: Em 1986, economia de US\$40 milhões
- 1981: Japão anuncia o projeto da “Quinta Geração:” Prolog, inferência lógica e PLN
- Indústrias:
  - Software: Carnegie Group, Inference, Intellicorp, Teknowledge
  - Hardware: Lisp Machines Inc., Texas Instruments, Symbolics, Xerox
  - Vendas: de poucos milhões em 1980 para 2 bilhões em 1988.

## A volta das redes neurais (1986-presente)

- Apesar do livro Perceptrons de Minsky e Papert (1969) [25]:
  - Hopfield (Física-1982) [14]: mecânica estatística para propriedades de armazenamento e otimização das redes
  - Rumelhart e Hinton (Psicologia): modelos de memória
- McClelland e Rumelhart (1986): PDP [34]: reinvenção do algoritmo backpropagation
- Redes Neurais e IA tradicional: campos rivais

## A IA torna-se uma ciência (1987-presente)

- Vitória dos puros (teorias da IA devem se fundamentar na matemática) sobre os impuros (experimentação sem rigor matemático)
- A IA não é mais isolada dos fundamentos da computação
- Reconhecimento de fala: modelos ocultos de Markov - teoria matemática rigorosa
- Mineração de Dados
- Redes bayesianas: raciocínio incerto e sistemas especialistas

## Surgimento dos agentes inteligentes (1995-presente)

- Progresso na resolução dos subproblemas da IA levou à pesquisa do problema do “agente como um todo”
- Arquitetura completa de agente: SOAR (Newell, 1990 [27]; Laird et al., 1987 [19])
- Ambiente propício: internet
- Vários livros tratam a IA sob a visão dos agentes inteligentes: Russell and Norvig, 1995 [35]; Poole et al., 1998 [30]; Nilsson, 1998 [3]

# A disponibilidade de conjuntos de dados muito grandes (2001-presente)

- Durante os 60 anos da história da ciência da computação, a ênfase tem sido em *algoritmos* [5]
- Recentemente, há uma preocupação maior sobre *dados*, em vez de algoritmos.
- Aumento crescente da disponibilidade de grandes fontes de dados: trilhões de palavras em inglês e bilhões de imagens da web [16] ou bilhões de pares de base de sequências genômicas [5].



# Sumário

- 1 Definições e Histórico
  - Diferentes visões da IA
  - Histórico
  - Estado da Arte
- 2 Aprendizado de Máquina
  - Máquinas que aprendem
  - Por que estudar IA?
- 3 A disciplina Inteligência Artificial
  - Conteúdo Programático
  - Instrumentos de Avaliação

# Aplicações - parte 1

- Planejamento autônomo e escalonamento: *Remote Agent* da NASA (Jonsson et al., 2000) [15]
- Jogos: *Deep Blue* da IBM venceu Gary Kasparov (Goodman and Keene, 1997) [10]
- Controle autônomo: visão artificial - ALVINN dirige um automóvel: 98% de acerto em 4.600 km.
- Diagnóstico: SE médico baseado em análise probabilística (Heckerman, 1991) [13]

## Aplicações - parte 2

- Planejamento logístico: DART - *Dynamic Analysis and Replanning Tool* - Guerra do Golfo Pérsico em 1991 (Cross and Walker, 1994) [6]
- Robótica: robôs assistentes em microcirurgias - HipNav (DiGioia et al., 1996) [7]
- Reconhecimento de língua natural e resolução de problemas: PROVERB (Littman et al., 1999) [20] resolve palavras cruzadas melhor que a maioria dos seres humanos.
- Watson da IBM [29]: em 2011 participou de um concurso de perguntas em língua natural e ganhou US\$1 milhão!

# Sumário

- 1 Definições e Histórico
  - Diferentes visões da IA
  - Histórico
  - Estado da Arte
- 2 **Aprendizado de Máquina**
  - **Máquinas que aprendem**
  - Por que estudar IA?
- 3 A disciplina Inteligência Artificial
  - Conteúdo Programático
  - Instrumentos de Avaliação

# Máquinas Inteligentes

- Máquinas Inteligentes = Máquinas que aprendem
- Aprendizado: capacidade de reagir a novos estímulos
- Qual é a máquina mais inteligente conhecida? Cérebro humano.

# Sumário

- 1 Definições e Histórico
  - Diferentes visões da IA
  - Histórico
  - Estado da Arte
- 2 **Aprendizado de Máquina**
  - Máquinas que aprendem
  - **Por que estudar IA?**
- 3 A disciplina Inteligência Artificial
  - Conteúdo Programático
  - Instrumentos de Avaliação

# Ray Kurzweil

- O “profeta” Ray Kurzweil:
  - Em 2025, saberemos tudo sobre o cérebro humano e seremos capazes de reproduzi-lo com perfeição em máquinas
  - Em 2029 um computador com o preço de um PC atual terá a capacidade de computação do cérebro humano
  - Em 2030 não haverá distinção clara entre humanos e robôs
  - Em 2060 uma máquina de mil dólares será mais capaz que todos os cérebros humanos somados
  - Em 2099 um chip de 1 centavo de dólar vai ter uma capacidade de computação um bilhão de vezes maior que a de todos os cérebros humanos da Terra somados.

# Fundamentos da IA

- A IA herdou muitas idéias, técnicas e pontos de vista de outras disciplinas, incluindo a ciência cognitiva
- A hipótese de que as pessoas compreendem o mundo através da construção de modelos mentais sugere os itens fundamentais para os campos da ciência cognitiva:
  - *Psicologia*: Como os modelos são representados no cérebro, como eles interagem com os mecanismos de percepção, memória e aprendizado, e como eles afetam ou controlam o comportamento?
  - *Lingüística*: Qual é o relacionamento entre um universo, os objetos que ele nomeia e um modelo mental? Quais são as regras de sintaxe e semântica que relacionam modelos às sentenças?



# Fundamentos da IA

- E os campos:
  - *Filosofia*: Qual é o relacionamento entre conhecimento, significado e modelos mentais? Como são os modelos usados no raciocínio e como tal raciocínio está relacionado com a forma lógica?
  - *Ciência da computação*: Como um modelo pessoal do mundo pode ser representado em um sistema computacional? Quais as linguagens e ferramentas necessárias para descrever tais modelos e relaciona-los aos sistemas externos? Os modelos podem suportar uma interface de computador que as pessoas achariam simples de usar?

# Áreas da IA

- É tarefa da IA:
  - Fazer o computador se comunicar com o ser humano em línguas naturais, gerando fala ou entendendo nossa fala (processamento de línguas naturais)
  - Fazer o computador se lembrar de fatos complicados inter-relacionados e obter conclusões a partir deles (inferência lógica)
  - Fazer o computador planejar seqüências de ações para alcançar metas (planejamento)
  - Fazer o computador oferecer ajuda baseada em regras complicadas para várias situações (sistemas especialistas ou sistemas de dedução baseados em regras)
  - Fazer o computador olhar através de câmeras e ver o que estiver lá (visão artificial)
  - Fazer o computador se mover entre objetos do mundo real (robótica).

# Áreas da IA

- Para realizar estas tarefas, a IA trabalha com várias ferramentas: desde a lógica de predicados (lógica clássica), até simulações das redes neurais, redes de células nervosas do cérebro.

## Quando o raciocínio “lógico” dá errado

PRIMEIRO ALDEÃO: Encontramos uma bruxa. Podemos queimá-la?

TODOS: Uma bruxa! Queimem-na!

BEDEVERE: Por que você acha que ela é uma bruxa?

SEGUNDO ALDEÃO: Ela transformou-me em uma salamandra.

BEDEVERE: Uma salamandra?

SEGUNDO ALDEÃO *depois de se olhar durante um tempo*: Mas eu já melhorei.

TODOS: Queimem-na de qualquer forma!

BEDEVERE: Quietos! Há formas de saber se ela é uma bruxa.

BEDEVERE: Digam-me... o que se faz com bruxas?

TODOS: Queimamos.



## Quando o raciocínio “lógico” dá errado

BEDEVERE: E o que se queima, além de bruxas?

QUARTO ALDEÃO: ... Madeira?

BEDEVERE: Então por que as bruxas queimam?

SEGUNDO ALDEÃO: Porque elas são feitas de madeira?

BEDEVERE: Isso.

TODOS: Certo. Sim, é claro.

BEDEVERE: E como sabemos se ela é feita de madeira?

PRIMEIRO ALDEÃO: Fazemos uma ponte dela.

BEDEVERE: Ah... mas não podemos fazer pontes de pedra também?

TODOS: Sim, é claro...

BEDEVERE: Madeira afunda na água?

TODOS: Não, não, flutua. Joguem-na na lagoa.

## Quando o raciocínio “lógico” dá errado

BEDEVERE: Esperem. Digam-me, o que também flutua na água?



TODOS: Pão? Não, não. Maçãs... molho... pequenas pedras...

BEDEVERE: Não, não, não.

REI ARTUR: Um pato!

*(Todos se voltaram e olharam para ARTUR. BEDEVERE olhou muito impressionado.)*

BEDEVERE: Exatamente. Portanto... logicamente...

PRIMEIRO ALDEÃO: Se ela... pesar o mesmo que um pato... ela é feita de madeira.

BEDEVERE: E?

TODOS: Ela é uma bruxa!

Monty Python: Em Busca do Cálice Sagrado, 1977 [35].

# Sumário

- 1 Definições e Histórico
  - Diferentes visões da IA
  - Histórico
  - Estado da Arte
- 2 Aprendizado de Máquina
  - Máquinas que aprendem
  - Por que estudar IA?
- 3 A disciplina Inteligência Artificial
  - Conteúdo Programático
  - Instrumentos de Avaliação

# Programa

- 1 Métodos de Busca
- 2 Lógica de Predicados para Representação do Conhecimento
- 3 Prova Automática de Teoremas
- 4 Raciocínio Baseado em Regras
- 5 Representação de Conhecimento através do Prolog
- 6 Planejamento
- 7 Jogos
- 8 Introdução ao Aprendizado de Máquina
- 9 Indução de Árvores de Decisão
- 10 Métodos de Amostragem e Avaliação de Algoritmos
- 11 Classificação e Seleção de Atributos
- 12 Aprendizado Probabilístico



## Objetivos específicos da disciplina

- Apresentar conceitos e técnicas da Inteligência Artificial, com ênfase na representação lógica do conhecimento.

# Estratégia de Ensino

- Aulas expositivas, com slides e lousa.
- Cópias dos slides (com leituras complementares nos títulos indicados na Bibliografia).

# Sumário

- 1 Definições e Histórico
  - Diferentes visões da IA
  - Histórico
  - Estado da Arte
- 2 Aprendizado de Máquina
  - Máquinas que aprendem
  - Por que estudar IA?
- 3 A disciplina Inteligência Artificial
  - Conteúdo Programático
  - Instrumentos de Avaliação

# Avaliação

- Duas provas P1 (26/04) e P2 (21/06)
- Uma prova de recuperação REC (02/08)
  - $MP = P1 * 0.4 + P2 * 0.6$
- **Atenção:** O aluno terá uma semana a partir da data de divulgação das notas das provas para a vista.

# Integridade Acadêmica

- A “cola” ou plágio em provas, exercícios ou atividades práticas implicará na atribuição de nota zero para todos os envolvidos. Dependendo da gravidade do incidente, o caso será levado ao conhecimento da Coordenação e do Conselho do Departamento, para as providências cabíveis. Na dúvida do que é considerado cópia ou plágio, o aluno deve consultar o professor antes de entregar um trabalho.

# Bibliografia Básica I







[1] Rosa, J. L. G.

*Fundamentos da Inteligência Artificial.*

Editora LTC. Rio de Janeiro, 2011. *No prelo.*

# Bibliografia Complementar I

-  [1] Bratko, I.  
*Prolog Programming for Artificial Intelligence.*  
Pearson Addison Wesley; 3rd edition, 2000.
-  [2] Casanova, M. A., Giorno, F. A. C., Furtado, A. L.  
*Programação em Lógica e a Linguagem Prolog.*  
Ed. Edgard Blücher Ltda., 1987
-  [3] Nilsson, N. J.  
*Artificial Intelligence : A New Synthesis.*  
Morgan Kaufmann; 1998.
-  [4] Rich, E. and Knight, K.  
*Artificial Intelligence - 2nd. Edition.*  
McGraw-Hill, 1991

# Bibliografia Complementar II



[5] Russell, S., Norvig, P.

*Artificial Intelligence - A Modern Approach*. 3rd. edition.  
Prentice Hall, 2010.



# Referências I



[1] Bellman, R. E.

*An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?*

Boyd & Fraser Publishing Company, San Francisco, 1978.



[2] Bryson, A. E. and Ho, Y.-C.

*Applied Optimal Control.*

Blaisdell, New York, 1969.



[3] Buchanan, B. G., Sutherland, G. L., and Feigenbaum, E. A.

Heuristic DENDRAL: a program for generating explanatory hypotheses in organic chemistry.

# Referências II

in Metzer, B., Michie, D., and Swann, M., editors, *Machine Intelligence 4*, 209–254. Edinburgh University Press, Edinburgh, Scotland, 1969.



[4] Charniak, E. and McDermott, D. *Introduction to Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1985.



[5] Collins, F. S., Morgan, M., and Patrinos, A. The human genome project: Lessons from large scale biology. *Science*, 300(5617), 286–290, 2003.

## Referências III



[6] Cross, S. E. and Walker, E.

Dart: Applying knowledge based planning and scheduling to crisis action planning.

in Zweben, M. and Fox, M. S. editors, *Intelligent Scheduling*, 711–729. Morgan Kaufmann, San Mateo, California, 1994.



[7] DiGioia, A. M., Kanade, T., and Wells, P.

Final report of the second international workshop on robotics and computer assisted medical interventions.

*Computer Aided Surgery*, 2:69–101, 1996.

## Referências IV



[8] Duda, R., Gaschnig, J., and Hart, P.

Model design in the Prospector consultant system for mineral exploration.

in Michie, D., editor, *Expert Systems in the Microelectronic Age*, 153–167. Edinburgh University Press, Edinburgh, Scotland, 1979.



[9] Friedberg, R. M.

A learning machine: Part I.

*IBM Journal*, 2:2–13, 1958.






[10] Goodman, D. and Kleene, R.

*Man versus Machine: Kasparov versus Deep Blue*.

H3 Publications, Cambridge, Massachusetts, 1997.

# Referências V

-  [11] Haugeland, J., editor  
*Artificial Intelligence: The Very Idea.*  
MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1985.
-  [12] Haykin, S.  
*Neural Networks - A Comprehensive Foundation. Second Edition.*  
Prentice-Hall, 1999.
-  [13] Heckerman, D.  
*Probabilistic Similarity Networks.*  
MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1991.

# Referências VI



[14] Hopfield, J. J.

Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons.

*Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 79:2554–2558, 1982.







[15] Jonsson, A., Morris, P., Muscettola, N., Rajan, K., and Smith, B.

Planning in interplanetary space: Theory and practice.

in *Proceedings of the 5th International Conference on Artificial Intelligence Planning Systems (AIPS-00)*, 177–186, Breckenridge, Colorado, AAAI Press, 2000.

## Referências VII

-  [16] Kilgarriff, A. and Grefenstette, G.  
Introduction to the special issue on the web as a corpus.  
*Computational Linguistics*, 29(3), 333–347, 2006.
-  [17] Klir, G. J. and Folger, T. A.  
*Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*.  
Prentice-Hall, 1988
-  [18] Kurzweil, R.  
*The Age of Intelligent Machines*.  
MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1990.
-  [19] Laird, J. E., Newell, A., and Rosenbloom, P. S.  
SOAR: an architecture for general intelligence.  
*Artificial Intelligence*, 33(1):1–64, 1987.

## Referências VIII



[20] Littman, M. L., Keim, G. A., and Shazeer, N. M.  
Solving crosswords with PROVERB.

in *Proceedings of the Sixteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-99)*, 914–915, Orlando, Florida, AAAI Press, 1999.



[21] Luger, G. F. and Stubblefield, W. A.

*Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving.*

Benjamin/Cummings, Redwood City, California, second edition, 1993.



# Referências IX



[22] McCarthy, J.

Programs with common sense.

in *Proceedings of the Symposium on Mechanisation of Thought Processes*, 1: 77–84, London. Her Majesty's Stationery Office, 1958.



[23] McCulloch, W. S. and Pitts, W.

A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity.

*Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5:115–137, 1943.






[24] McDermott, J.

R1: A rule-based configurer of computer systems.

*Artificial Intelligence* 19(1):39–88, 1982.

# Referências X

-  [25] Minsky, M. L. and Papert, S.  
*Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry.*  
MIT Press, Cambridge, Massachusetts, first edition, 1969.
-  [26] Monard, M. C.  
*Slides da disciplina SCC630.*  
Inteligência Artificial. ICMC - USP, 2010.
-  [27] Newell, A.  
*Unified Theories of Cognition.*  
Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts,  
1990.

# Referências XI



[28] Newell, A. and Simon, H. A.

GPS, a program that simulates human thought.

in Billing, H., editor, *Lernende Automaten*, 109–124. R. Oldenbourg, Munich, Germany, 1961.



[29] Plant, Robert

Has the HAL 9000 Finally Arrived?

[http://blogs.hbr.org/cs/2011/02/has\\_the\\_hal\\_9000\\_finally\\_arriv.html](http://blogs.hbr.org/cs/2011/02/has_the_hal_9000_finally_arriv.html), February 9, 2011.






[30] Poole, D., Mackworth, A. K., and Goebel, R.




*Computational Intelligence: A Logical Approach*.

Oxford University Press, Oxford, UK, 1998.

## Referências XII

-  [31] Rosenblatt, F.  
The perceptron: A perceiving and recognizing automaton.  
*Report 85-460-1*, Project PARA, Cornell Aeronautical  
Laboratory, 1957.
-  [32] Rowe, N. C.  
*Artificial Intelligence through Prolog*.  
Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.
-  [33] Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., and Williams, R. J.  
Learning internal representations by error propagation.  
In Rumelhart, D. E. and McClelland, J. L., editors, *Parallel  
Distributed Processing*, 1(8): 318–362. MIT Press,  
Cambridge, Massachusetts, 1986.

## Referências XIII

-  [34] Rumelhart, D. E. and McClelland, J. L., editors.  
*Parallel Distributed Processing*  
MIT Press, Cambridge, Massachusetts. In two volumes,  
1986.
-  [35] Russell, S. and Norvig, P.  
*Artificial Intelligence - A Modern Approach.*  
Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 1995.
-  [36] Russell, S. e Norvig, P.  
*Inteligência Artificial. 2a. Edição.*  
Editora Campus, 2004.

## Referências XIV



[37] Samuel, A. L.

Some studies in machine learning using the game of checkers.

*IBM Journal of Research and Development*, 3(3):210–229, 1959.



[38] Schalkoff, R. J.

*Artificial Intelligence: An Engineering Approach*.  
McGraw-Hill, New York, 1990.





[39] Shannon, C. E.




Programming a computer for playing chess.

*Philosophical Magazine*, 41(4):256–275, 1950.

# Referências XV

-  [40] Turing, A. M.  
Computing machinery and intelligence.  
*Mind*, 59(236):433–460, 1950.  
<http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm>.
  
-  [41] Turing, A. M., Strachey, C., Bates, M. A., and Bowden, B. V.  
Digital computers applied to games.  
In Bowden, B. V., editor, *Faster Than Thought*, 286–310.  
Pitman, London, 1953.

# Referências XVI

-  [42] Weizenbaum, J.  
ELIZA-a computer program for the study of natural language communication between man and machine.  
*Communications of the Association for Computing Machinery*, 9(1):36–45, 1965.
-  [43] Widrow, B. and Hoff, M. E.  
Adaptive switching circuits.  
in *1960 IRE WESCON Convention Record*, 96–104, New York, 1960.
-  [44] Winograd, T.  
Understanding natural language.  
*Cognitive Psychology*, 3(1), 1972.



## Referências XVII



[45] Winston, P. H.

*Artificial Intelligence.*

Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, third edition, 1992.



[46] Woods, W. A.

Progress in natural language understanding: An application to lunar geology.

in *AFIPS Conference Proceedings*, 42:441–450, 1973.