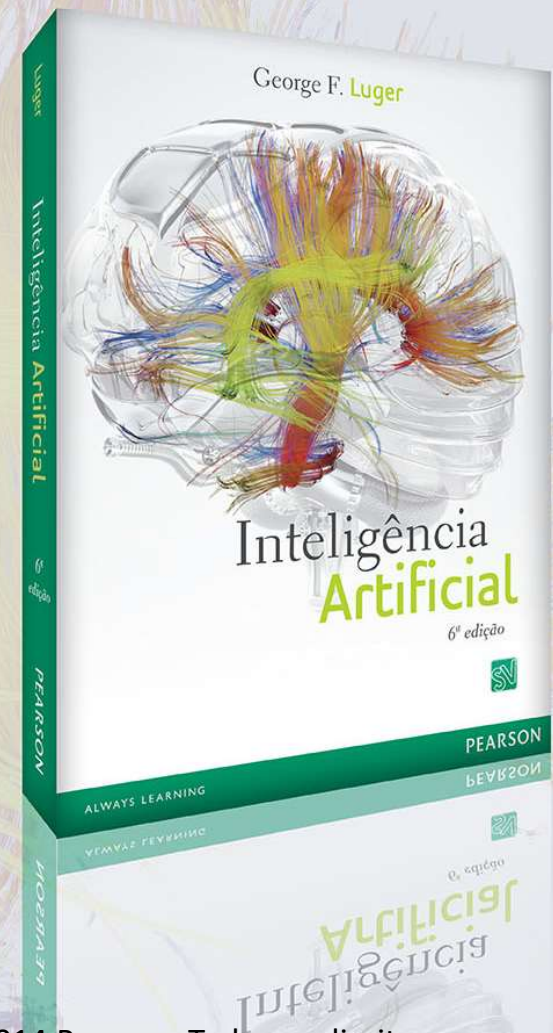


# Parte I

# Inteligência artificial: raízes e escopo



# Inteligência Artificial

6ª edição

*Parafraseando Sancho Pança, tudo deve ter um início; e esse início deve estar ligado a algo que já existiu antes. Para os hindus, o mundo é sustentado por um elefante, mas o elefante se encontra apoiado em cima de uma tartaruga. Deve-se humildemente admitir que a invenção não consiste em se criar a partir do nada, mas sim a partir do caos; em primeiro lugar, deve-se dispor dos materiais necessários...*

—MARY SHELLEY, *Frankenstein*

# Inteligência artificial: Uma tentativa de definição

# Inteligência Artificial

6ª edição

- A inteligência artificial (IA) pode ser definida como o ramo da **ciência da computação** que se ocupa da automação do comportamento inteligente.
- O problema de definir o campo inteiro da inteligência artificial é semelhante ao de definir a própria inteligência.

## Questões

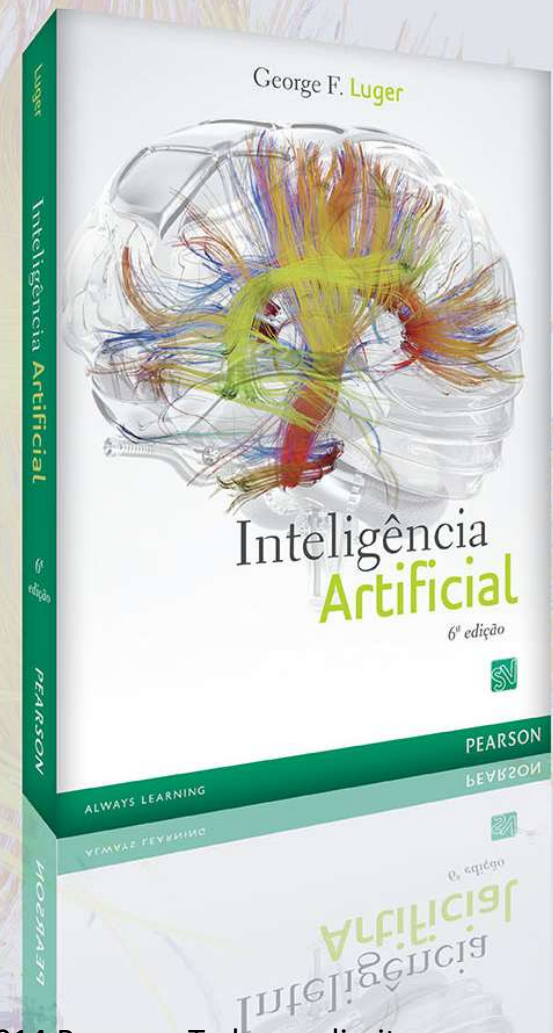
# Inteligência Artificial

6ª edição

- É uma única faculdade ou é apenas um nome para uma coleção de capacidades distintas e não relacionadas?
- Até que ponto a inteligência é aprendida e não existe desde o nascimento?
- O que acontece exatamente quando ocorre o aprendizado?
- O que é criatividade?
- O que é intuição?
- A inteligência pode ser deduzida do comportamento observável ou ela requer evidências de um mecanismo interno particular?
- Como o conhecimento é representado no tecido nervoso de um humano ?

# Capítulo 1

## IA: história e aplicações



# Prometeu

Ésquilo, entre 462 e 459 a. C., na Grécia.



Prometeu e a LGPD

# Inteligência Artificial

6ª edição

## Do Éden ao ENIAC: posicionamentos em relação à inteligência, ao conhecimento e à astúcia humana

- ❑ A crença de que o desejo por conhecimento por fim deve levar ao desastre persistiu por toda a história, perdurando pela Renascença, pela Era do Iluminismo e até mesmo pelos avanços científicos e filosóficos dos séculos XIX e XX.
- ❑ Assim, não devemos ficar surpresos com o fato de a inteligência artificial inspirar tanta controvérsia em círculos acadêmicos e populares.

# Uma breve história dos fundamentos da IA

# Inteligência Artificial

6ª edição

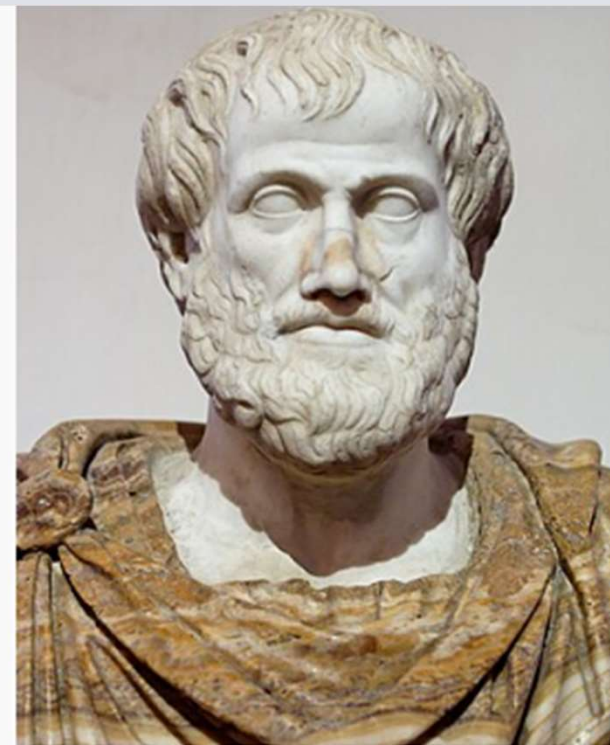
- ❑ O ponto de partida lógico para essa história é o gênio Aristóteles: “todos os homens, por natureza, desejam conhecer” (Metafísica) e “o estudo do próprio pensamento é a base do conhecimento” (Lógica)
- ❑ A distinção matéria/forma fornece uma base filosófica para noções modernas como computação simbólica e abstração de dados.



# Aristóteles

## silogismos

Principais interesses:	Física, metafísica, poesia, teatro, música, retórica, política, governo, ética, biologia, economia
Ideias notáveis	Doutrina do meio-termo, razão, lógica, Silogismo, Alma, Frônese, Hilemorfismo, motor imóvel
Influências:	Parmênides, Sócrates, Platão, Heráclito, Demócrito
Influenciados:	Virtualmente toda a a filosofia ocidental, cristã, islâmica e judaica. Em especial a Protociência, Escola peripatética, escolástica e neoplatonismo
<i>Alma mater</i>	Academia de Platão



Busto de Aristóteles  
Cópia romana de uma escultura de **Lísipo**

Nome completo	Αριστοτέλης, γιος του Νικόμαχου των Σταγείρων <i>Aristotélis, gios tou Nikómachou ton Stageíron</i> Aristóteles, filho de Nicômaco de Estagira
Escola/Tradição:	Escola peripatética, aristotelismo
Data de nascimento:	384 a.C.
Local:	Estagira, Calcídica, Grécia Antiga
Morte	322 a.C. (62 anos)
Local:	Cálcis, na ilha Eubeia <sup>[1]</sup>

# IA: história e aplicações

# Inteligência Artificial

6ª edição

- O pensamento do **Renascimento** iniciou a **evolução** de um modo diferente e poderoso de pensar a respeito da humanidade e sua relação com o mundo natural.
- A **ciência** começou a substituir o misticismo como um meio de entender a natureza.
- **Copérnico**: nossas ideias sobre o mundo foram vistas como fundamentalmente distintas de sua aparência.

## Nicolau Copérnico



**Nascimento** Niklas Koppernigk  
19 de fevereiro de 1473  
Toruń, Prússia Real, Reino da Polônia

**Morte** 24 de maio de 1543 (70 anos)  
Frombork, Prússia Real,  
Reino da Polônia

**Residência** Toruń, Frombork, Cracóvia, Pádua, Bolonha

**Sepultamento** Archcathedral Basilica of the Assumption of the Blessed Virgin Mary and Saint Andrew in Frombork

**Nacionalidade** Polaco - Polonês

**Cidadania** Reino da Polônia

**Progenitores** Niklas Koppernigk the Elder  
Barbara Koppernigk

**Alma mater** Universidade Jaguelônica  
Universidade de Pádua  
Universidade de Bolonha  
Universidade de Ferrara

**Ocupação** astrônomo, matemático, cónego

**Prêmios** International Space Hall of Fame (1995)

**Empregador(a)** Universidade de Pádua,  
Universidade Jaguelônica

**Obras destacadas** Commentariolus, De revolutionibus orbium coelestium

**Religião** catolicismo

**Causa da morte** acidente vascular cerebral

**Assinatura**

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Nicolai Copernici'.

# “Novun Organun” (Francis Bacon – 1620)



<b>Nascimento</b>	22 de janeiro de 1561 Londres
<b>Morte</b>	9 de abril de 1626 (65 anos) Londres
<b>Ocupação</b>	Ensaísta, filósofo, cientista e estadista
<b><i>Magnum opus</i></b>	<i>A sabedoria dos antigos</i>
<b>Escola/tradição</b>	Empirismo
<b>Ideias notáveis</b>	Método científico, Método indutivo

**Assinatura**

*Fra Bacon*

# Ábaco (China, XXVI a.C.)

# Inteligência Artificial

6ª edição



# Logaritmos (John Napier, 1614)



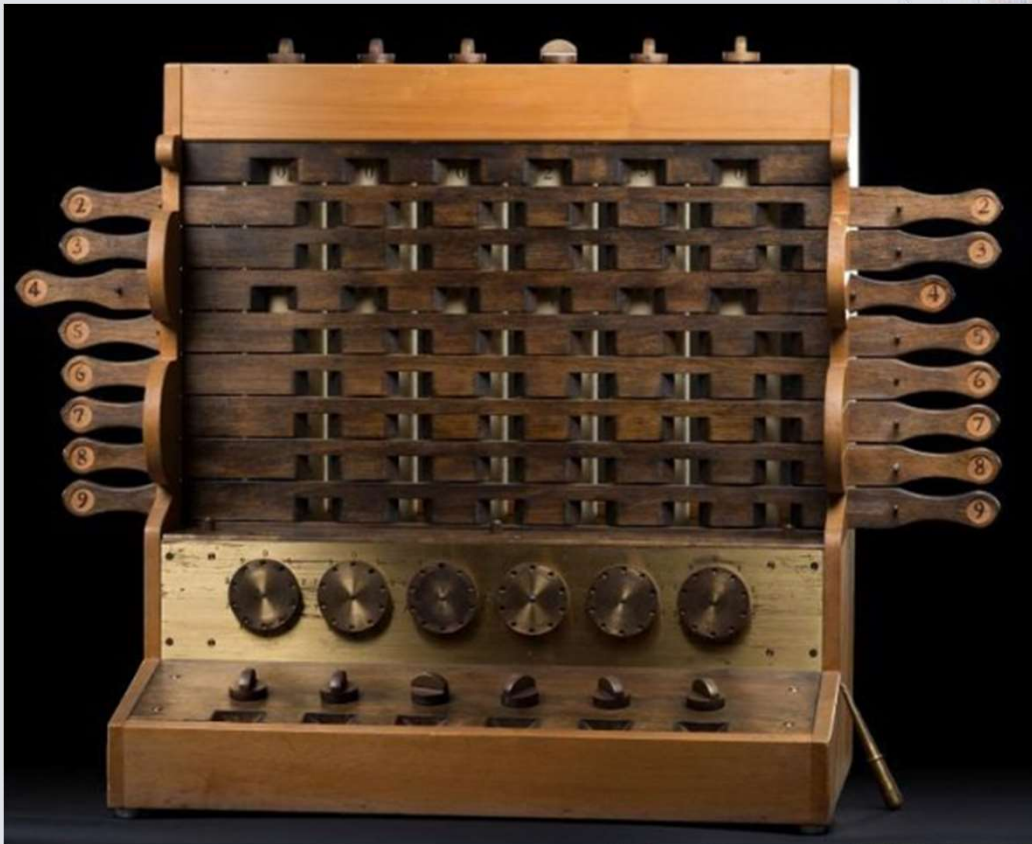
Um conjunto de **ossos de Napier** em marfim de cerca de 1650

## John Napier



<b>Conhecido(a) por</b>	Logaritmo, ossos de Napier
<b>Nascimento</b>	1 de fevereiro de 1550 Castelo de Merchiston, Edimburgo, Escócia
<b>Morte</b>	4 de abril de 1617 (67 anos) Castelo de Merchiston, Edimburgo, Escócia
<b>Nacionalidade</b>	britânico
<b>Alma mater</b>	Universidade de St Andrews
<b>Campo(s)</b>	Matemática

# Relógio Calculador (Wilhelm Schickard, 1623)

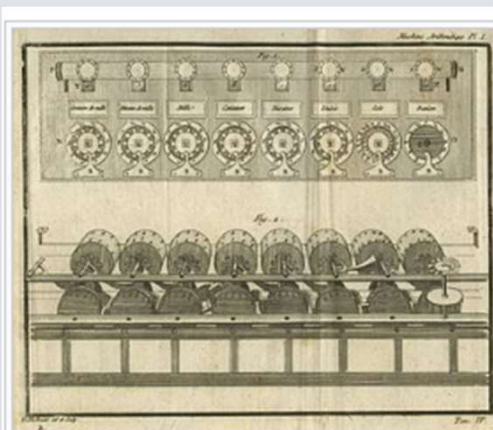


<b>Nascimento</b>	22 de abril de 1592 Herrenberg
<b>Morte</b>	24 de outubro de 1635 (43 anos) Tubinga
<b>Cidadania</b>	Ducado de Württemberg, Alemanha
<b>Cônjuge</b>	Unay
<b>Filho(a)(s)</b>	Ursula Margaretha Schickard
<b>Alma mater</b>	Universidade de Tubinga Tübinger Stift
<b>Ocupação</b>	matemático, astrônomo, orientalista, cientista de computação, professor universitário, teólogo, geógrafo, cartógrafo, Hebraísta

# Pascaline (Blaise Pascal, 1642)



Exemplar da pascalina no Museu de Artes e Ofícios de Paris



Desenho da parte superior e do mecanismo da pascalina no livro *Œuvres de Pascal* in 5 volumes, La Haye, 1779

Trabalhos notáveis

*Pensamentos, Les Provinciales*

Influências:

Santo Agostinho, Michel de Montaigne, Étienne Pascal, René Descartes, Gilles de Roberval, Cornélio Jansênio, Epiteto, Evangelista Torricelli, Girolamo Cardano

Influenciados:

William Lane Craig, Antoine Arnauld, Pierre Duhem, Gottfried Leibniz, William James, Léon Brunschvicg, Alexis de Tocqueville, Henri Bergson, Georges Sorel

Assinatura:



Escola/Tradição: Cartesianismo  
Jansenismo  
Fideísmo

Data de nascimento: 19 de junho de 1623

Local: Clermont-Ferrand, Auvérnia, França

Morte: 19 de agosto de 1662 (39 anos)

Local: Paris, França

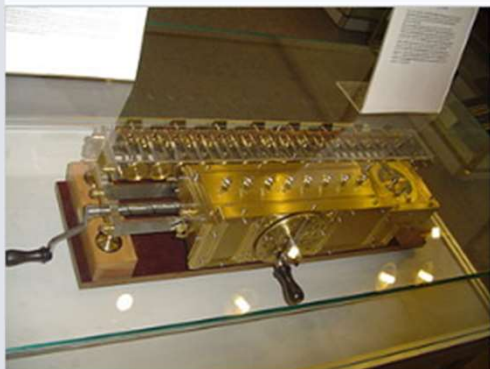
Principais interesses: física, matemática, filosofia, teologia

Religião: Jansenismo

Ideias notáveis: Teoria das probabilidades  
Aposta de Pascal  
Triângulo de Pascal  
Teorema de Pascal  
Princípio de Pascal  
Regra de Pascal  
Pascalina



# Roda de Leibniz (Leibniz, 1694)



Replica of Leibniz's Stepped Reckoner in the [Deutsches Museum](#).

<b>Empregador(a)</b>	Universidade de Leipzig
<b>Orientador(a) (es/s)</b>	Jakob Thomasius, Erhard Weigel, Christiaan Huygens <sup>[1]</sup>
<b>Obras destacadas</b>	Discourse on Metaphysics, Théodicée, cálculo integral, Stepped Reckoner, A Monadologia, Notação de Leibniz, Calculus Ratiocinator, Novos Ensaios sobre o Entendimento Humano
<b>Escola/tradição</b>	Racionalismo
<b>Principais interesses</b>	matemática, física, astronomia, cosmologia, geologia, medicina, biologia, embriologia, veterinária, paleontologia, psicologia, engenharia, lingüística, filologia, antropologia, sociologia, teoria da comunicação, metafísica, pedagogia, ética, estética, filosofia política, economia, diplomacia, filosofia do direito, história, jurisprudência, filosofia da matemática, filosofia da ciência, teoria da música, poesia, teoria literária, lógica, epistemologia, filosofia da linguagem, filosofia da mente, Teodiceia
<b>Movimento estético</b>	racionalismo
<b>Religião</b>	Cristianismo

Assinatura

A handwritten signature of Leibniz in black ink, written in a cursive style.



<b>Nascimento</b>	1 de julho de 1646 Leipzig, Alemanha
<b>Morte</b>	14 de novembro de 1716 (70 anos) Hanôver
<b>Sepultamento</b>	Neustädter Kirche, Hanôver
<b>Cidadania</b>	Eleitorado da Saxônia
<b>Progenitores</b>	Friedrich Leibniz Catharina Schmuck
<b>Alma mater</b>	Universidade de Leipzig
<b>Ocupação</b>	matemático, jurista, físico, filósofo, diplomata, historiador, bibliotecário, musicólogo, tradutor, teórico musical, escritor, diplomata, poeta, engenheiro, zoólogo, arquivista, biólogo, geólogo, consultor político, Jusfilósofo, lógico
<b>Prêmios</b>	membro da Royal Society (Stepped Reckoner, 1673)

# René Descartes

- “*Cogito ergo sum*” – “Penso, logo existo”.
- A dualidade entre a mente e o mundo físico forma a base de todo o pensamento de Descartes, e isso também está por trás da metodologia da IA.
- Uma vez que a mente e o corpo são separados, os filósofos acharam necessário encontrar um meio de reconectar os dois, pois a interação entre os planos mental, *res cogitans*, e físico, *res extensa*, de Descartes, é essencial para a existência humana.



Retrato de René Descartes, por Frans Hals

Nome completo	René Descartes
Escola/Tradição:	Cartesianismo, racionalismo, fundacionalismo
Data de nascimento:	31 de março de 1596
Local:	La Haye en Touraine, Reino da França (atual Descartes, departamento de Indre-et-Loire)
Morte	11 de fevereiro de 1650 (53 anos)
Local:	Estocolmo, Império Sueco
Principais interesses:	metafísica, epistemologia, matemática, ciência
Trabalhos notáveis	sistema de coordenadas, argumento ontológico para a existência de Deus, considerado o fundador da Filosofia Moderna
Influenciados:	Platão, Pitágoras, Aristóteles, Sexto Empírico, Pirro, Agostinho, Aquino, Anselmo, Ockham, Francisco Sanches, Suárez, Scotus, Mersenne, Montaigne
Assinatura:	

## IA e as tradições racionalista e empirista

# Inteligência Artificial

6ª edição

- Para o **racionalista**, o mundo exterior é reconstruído a partir de ideias claras e distintas da matemática.
- Em vez de afirmar como “real” o mundo de ideias claras e distintas, os **empiristas** continuam a nos lembrar de que “**nada entra na mente senão por meio dos sentidos**”.
- Para **Hobbes, Locke e Hume**, o mecanismo explanatório fundamental é a **associação**.
- A explicação associativa do conhecimento desempenha um papel significativo no desenvolvimento das estruturas e dos programas representativos da IA.

# IA e as tradições racionalista e empirista

- Kant começou a síntese moderna das duas tradições.
- Para Kant, o conhecimento contém duas energias colaborativas, um componente *a priori* vindo da razão do sujeito, juntamente com um componente *a posteriori* vindo da experiência ativa.

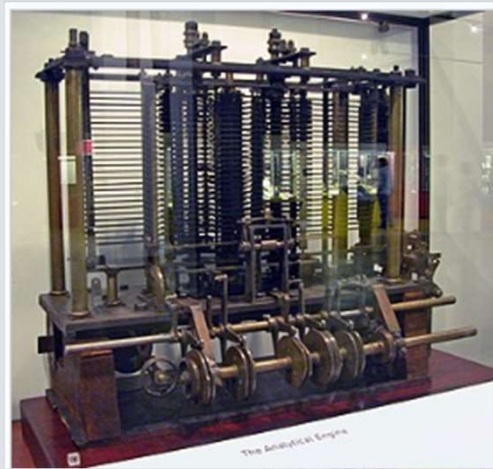
Ocupação	filósofo, antropólogo, físico, bibliotecário, escritor, pedagogo, professor universitário, matemático, Jusfilósofo
Empregador(a)	Universidade de Conisberga
Obras destacadas	Crítica da Razão Pura, Crítica da Razão Prática, Crítica do Julgamento, Prolegômenos Para Qualquer Futura Metafísica, Iluminismo alemão, The Metaphysics of Morals, Religion within the Bounds of Bare Reason, Groundwork of the Metaphysic of Morals
Movimento estético	Idealismo alemão, Iluminismo
Religião	luteranismo
Assinatura	



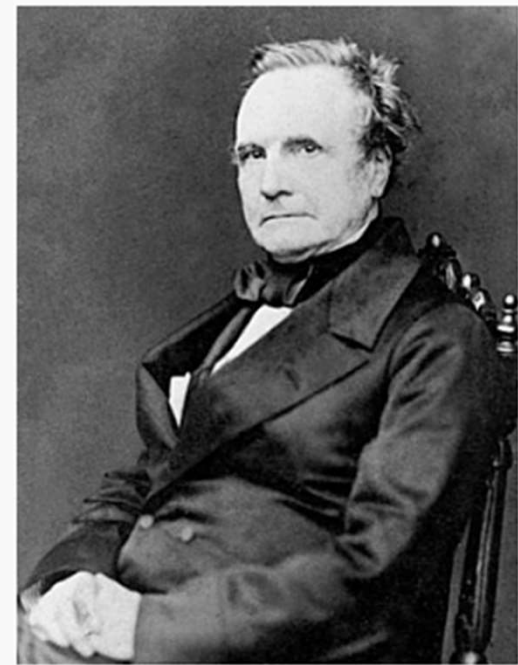
Immanuel Kant

Nascimento	22 de abril de 1724 Königsberg (Reino da Prússia)
Morte	12 de fevereiro de 1804 (79 anos) Königsberg (Reino da Prússia)
Residência	Königsberg
Sepultamento	Catedral de Königsberg
Cidadania	Reino da Prússia
Progenitores	Johann Georg Kant
Alma mater	Universidade de Conisberga Collegium Fridericianum

# Desenvolvimento da lógica formal



- Gottfried Wilhelm von **Leibniz**, com *Calculus Philosophicus*, introduziu o primeiro sistema de lógica formal.
- A formalização da **teoria dos grafos** (Euler, séc. XVIII) possibilitou a *busca no espaço de estados*.
- O *motor diferencial* de **Babbage**  $\Rightarrow$  *motor analítico*.

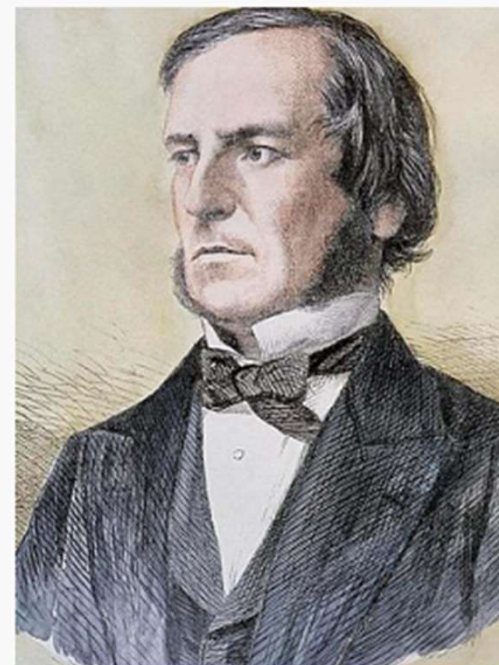


<b>Nascimento</b>	26 de dezembro de 1791 Teignmouth, Condado de Devon 🇬🇧 Inglaterra
<b>Morte</b>	18 de outubro de 1871 (79 anos) Londres
<b>Sepultamento</b>	Cemitério de Kensal Green
<b>Nacionalidade</b>	Britânico
<b>Cidadania</b>	Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda
<b>Cônjuge</b>	Georgiana Whitmore (c. 1814-1827)

Assinatura

# Desenvolvimento da lógica formal

- George Boole (séc. XIX) e a formalização das leis da lógica.
- A importância da realização de Boole está no poder extraordinário e na simplicidade do sistema que ele concebeu de três operações:
  - “E” (representada por  $*$  ou  $\wedge$ ),
  - “OU” (representada por  $+$  ou  $\vee$ ) e
  - “NÃO” (representada por  $\neg$ ).



## Álgebra booleana

<b>Nascimento</b>	2 de novembro de 1815 Lincoln (Inglaterra)
<b>Morte</b>	8 de dezembro de 1864 (49 anos) Ballintemple
<b>Sepultamento</b>	Cork
<b>Nacionalidade</b>	britânico
<b>Cidadania</b>	Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda
<b>Cônjuge</b>	Mary Everest Boole
<b>Filho(a)(s)</b>	Ethel Lilian Voynich, Alicia Boole Stott, Mary Boole Hinton, Margaret Boole Taylor, Lucy Everest Boole
<b>Ocupação</b>	matemático, filósofo, lógico, cientista de computação
<b>Prêmios</b>	Medalha Real (1844)
<b>Campo(s)</b>	matemática, filosofia, ciência da computação

## Desenvolvimento da lógica formal

# Inteligência Artificial

6ª edição

- Boole: “Os símbolos da lógica estão adicionalmente sujeitos a uma lei especial, à qual os símbolos de quantidades, como tais, não estão sujeitos”. Para qualquer  $X$ , que é um elemento da álgebra,  $X * X = X$  (ou seja, se algo é sabidamente verdadeiro, então a sua repetição não pode aumentar esse conhecimento).
- Essa noção levou à restrição característica dos valores booleanos a apenas dois números que podem satisfazer essa equação: 1 e 0. As definições padrão da multiplicação booleana (E) e da adição (OU) advêm desse critério.

# Desenvolvimento da lógica formal

\*5443.  $\vdash: a, \beta \in 1. \supset: a \cap \beta = \Lambda. \equiv. a \cup \beta \in 2$   
*Dem.*  
 $\vdash. *54\cdot 26. \supset \vdash: a = t'x. \beta = t'y. \supset: a \cup \beta \in 2. \equiv. x \neq y.$   
 $[*51\cdot 231] \quad \equiv. t'x \cap t'y = \Lambda.$   
 $[*13\cdot 12] \quad \equiv. a \cap \beta = \Lambda \quad (1)$   
 $\vdash. (1). *11\cdot 11\cdot 35. \supset$   
 $\vdash: (\exists x, y). a = t'x. \beta = t'y. \supset: a \cup \beta \in 2. \equiv. a \cap \beta = \Lambda \quad (2)$   
 $\vdash. (2). *11\cdot 54. *52\cdot 1. \supset \vdash. \text{Prop}$   
 From this proposition it will follow, when arithmetical addition has been defined, that  $1 + 1 = 2$ .

Trecho do livro com uma proposição que será usada na prova de "1+1=2" — Volume I, primeira edição, [página 379](#).

## Gottlob Frege



*Begriffsschrift*

**Nascimento** Friedrich Ludwig Gottlob Frege  
 8 de novembro de 1848  
 Wismar, Mecklemburgo-Schwerin

- Gottlob Frege: *Fundamentos da Aritmética* (Frege, 1879, 1884): cálculo de predicados de primeira ordem.
- O trabalho de Whitehead e Russell (Principia Mathematica - 1950).
- Alfred Tarski - teoria de referência descrita em “A concepção semântica da verdade e os fundamentos da semântica”.

## Alfred Tarski



**Nascimento** 14 de janeiro de 1901  
 Varsóvia

**Morte** 26 de outubro de 1983 (82 anos)  
 Berkeley

**Nacionalidade** polonês



## Desenvolvimento da lógica formal

# Inteligência Artificial

6ª edição

- Embora nos séculos XVIII, XIX e no início do XX a formulação da ciência e da matemática tenha criado o pré-requisito intelectual para o estudo da inteligência artificial, somente com a **introdução do computador digital** no século XX é que a IA se tornou uma disciplina **cientificamente viável**.