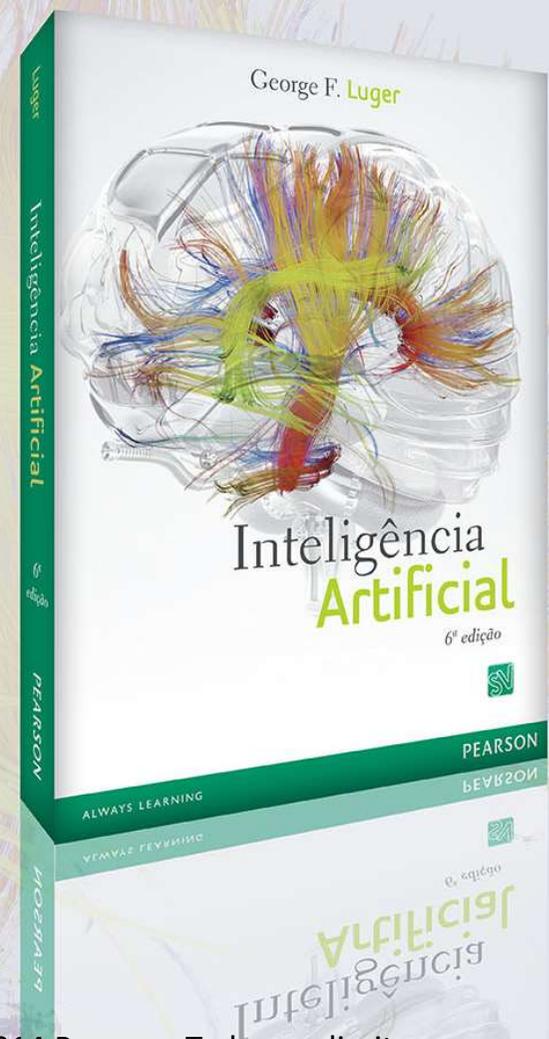


Parte I

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

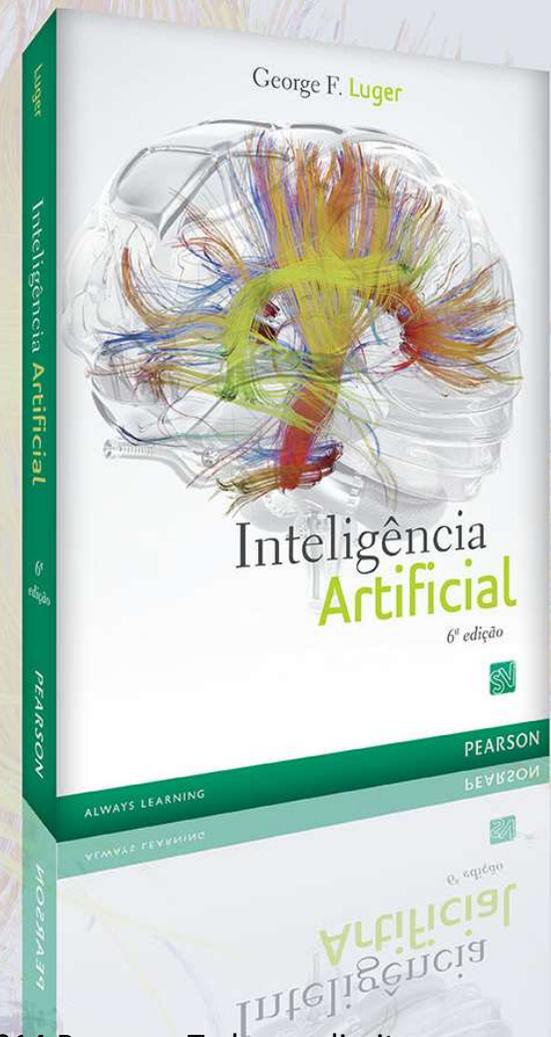
Inteligência Artificial

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

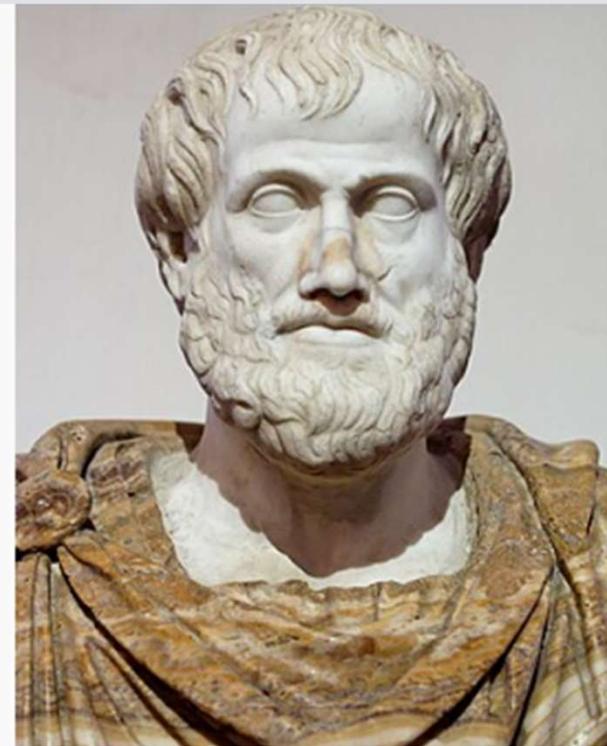
6ª edição

- ❑ 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^[1]

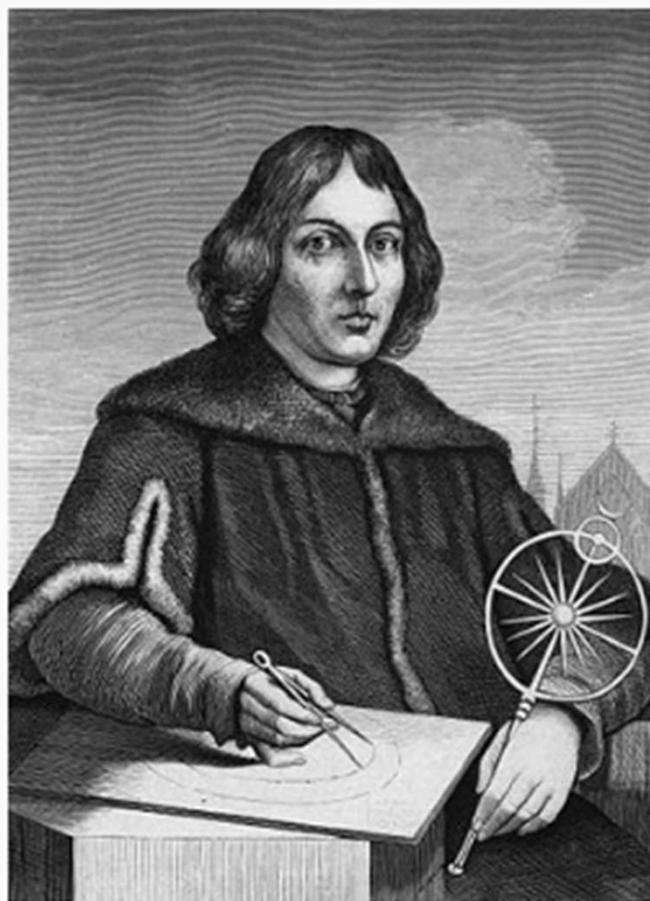
IA: história e aplicações

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, appearing to read 'Nicolai Copernici'.

“Novun Organun” (Francis Bacon – 1620)



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

Assinatura

Fra Bacon

Ábaco (China, XXVI a.C.)

Inteligência Artificial

6ª edição



Logaritmos (John Napier, 1614)



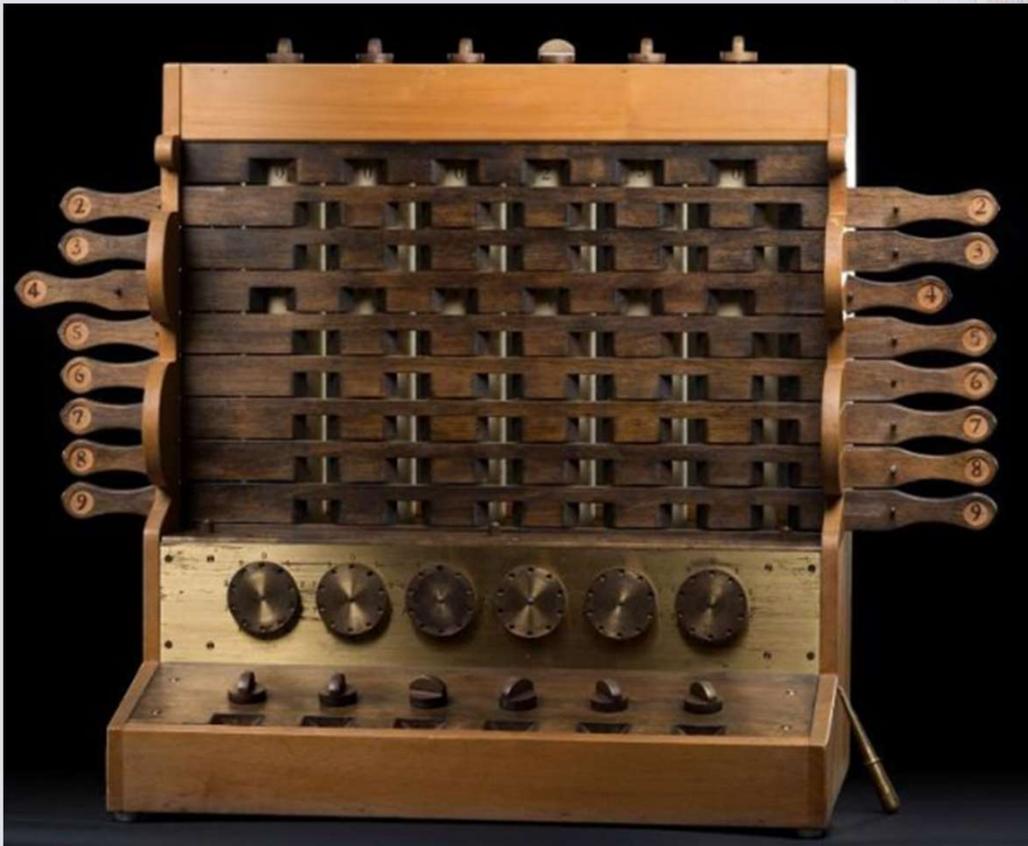
Um conjunto de **ossos de Napier** em marfim de cerca de 1650

John Napier



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

Relógio Calculador (Wilhelm Schickard, 1623)

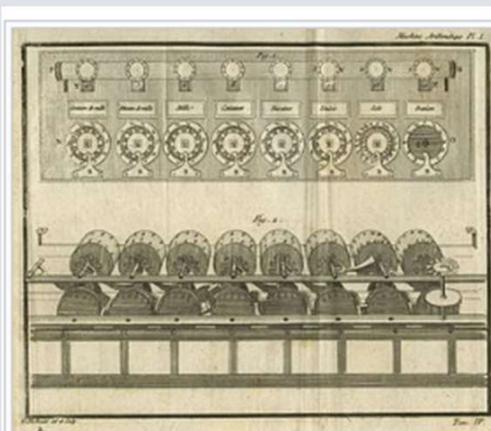


Nascimento	22 de abril de 1592 Herrenberg
Morte	24 de outubro de 1635 (43 anos) Tubinga
Cidadania	Ducado de Württemberg, Alemanha
Cônjuge	Unay
Filho(a)(s)	Ursula Margaretha Schickard
Alma mater	Universidade de Tubinga Tübinger Stift
Ocupação	matemático, astrônomo, orientalista, cientista de computação, 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)

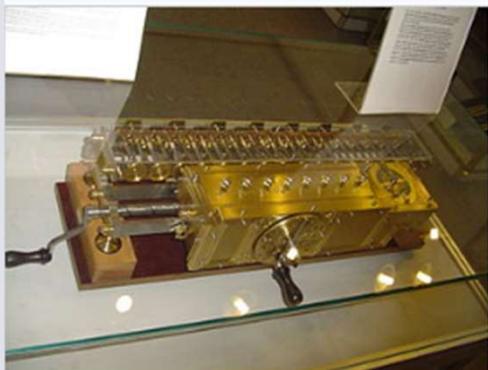
Local: Paris, França

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](#).

Empregador(a)	Universidade de Leipzig
Orientador(a) (es/s)	Jakob Thomasius, Erhard Weigel, Christiaan Huygens ^[1]
Obras destacadas	Discourse on Metaphysics, Théodicée, cálculo integral, Stepped Reckoner, A Monadologia, Notação de Leibniz, Calculus Ratiocinator, Novos Ensaios sobre o Entendimento Humano
Escola/tradição	Racionalismo
Principais interesses	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
Movimento estético	racionalismo
Religião	Cristianismo

Assinatura

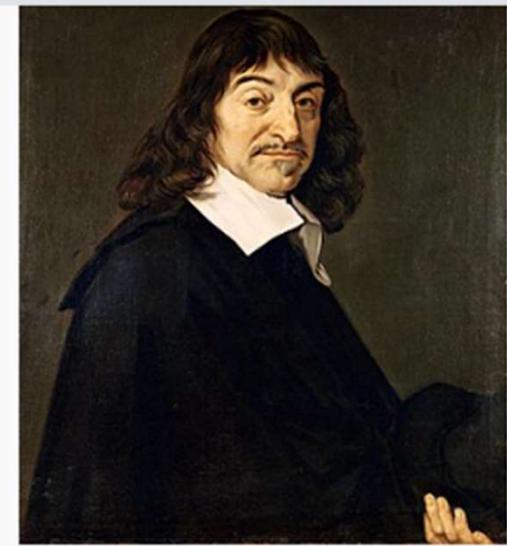
A handwritten signature of Leibniz in black ink, written in a cursive style.



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

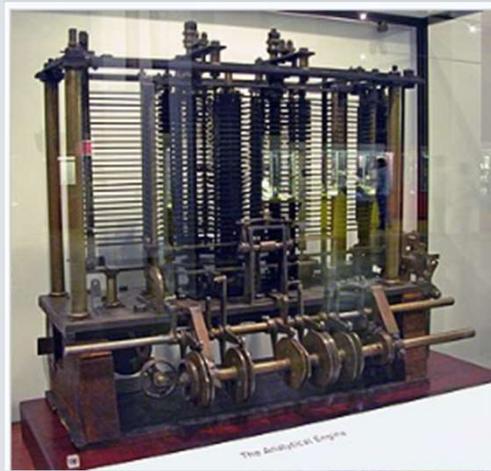
Ocupação	filósofo, antropólogo, físico, bibliotecário, escritor, pedagogo, professor universitário, matemático, Jusfilósofo
Empregador(a)	Universidade de Conisberga
Obras destacadas	Crítica da Razão Pura, Crítica da Razão Prática, Crítica do Julgamento, Prolegômenos Para Qualquer Futura Metafísica, Iluminismo 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	



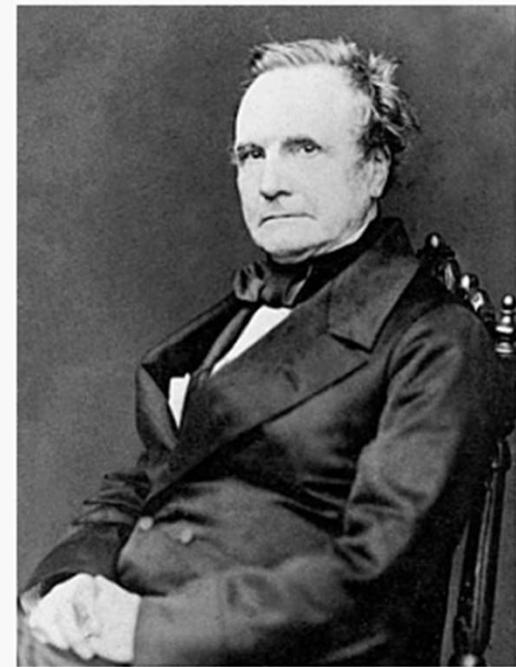
Immanuel Kant

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*.



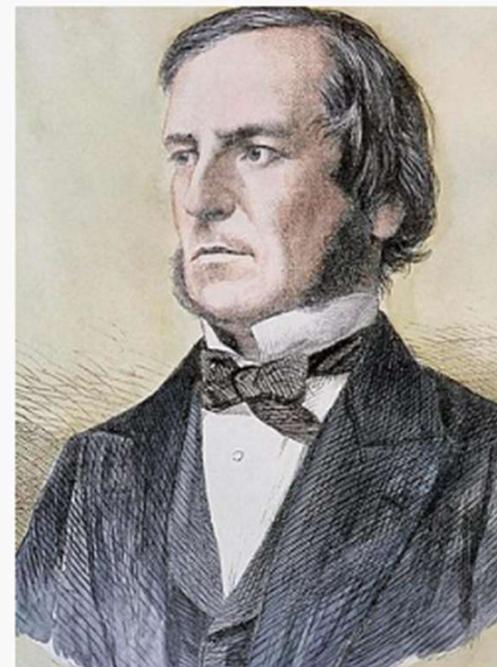
Nascimento	26 de dezembro de 1791 Teignmouth, Condado de Devon 🇬🇧 Inglaterra
Morte	18 de outubro de 1871 (79 anos) Londres
Sepultamento	Cemitério de Kensal Green
Nacionalidade	Britânico
Cidadania	Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda
Cônjuge	Georgiana Whitmore (c. 1814-1827)

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

Nascimento	2 de novembro de 1815 Lincoln (Inglaterra)
Morte	8 de dezembro de 1864 (49 anos) Ballintemple
Sepultamento	Cork
Nacionalidade	britânico
Cidadania	Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda
Cônjuge	Mary Everest Boole
Filho(a)(s)	Ethel Lilian Voynich, Alicia Boole Stott, Mary Boole Hinton, Margaret Boole Taylor, Lucy Everest Boole
Ocupação	matemático, filósofo, lógico, cientista de computação
Prêmios	Medalha Real (1844)
Campo(s)	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] $\equiv. t'x \cap t'y = \Lambda.$
 [*13\cdot 12] $\equiv. a \cap \beta = \Lambda$ (1)
 $\vdash. (1). *11\cdot 11\cdot 35. \supset$
 $\vdash: (\exists x, y). a = t'x. \beta = t'y. \supset: a \cup \beta \in 2. \equiv. a \cap \beta = \Lambda$ (2)
 $\vdash. (2). *11\cdot 54. *52\cdot 1. \supset \vdash. Prop$
 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: *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”.

Gottlob Frege



Begriffsschrift

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

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**.