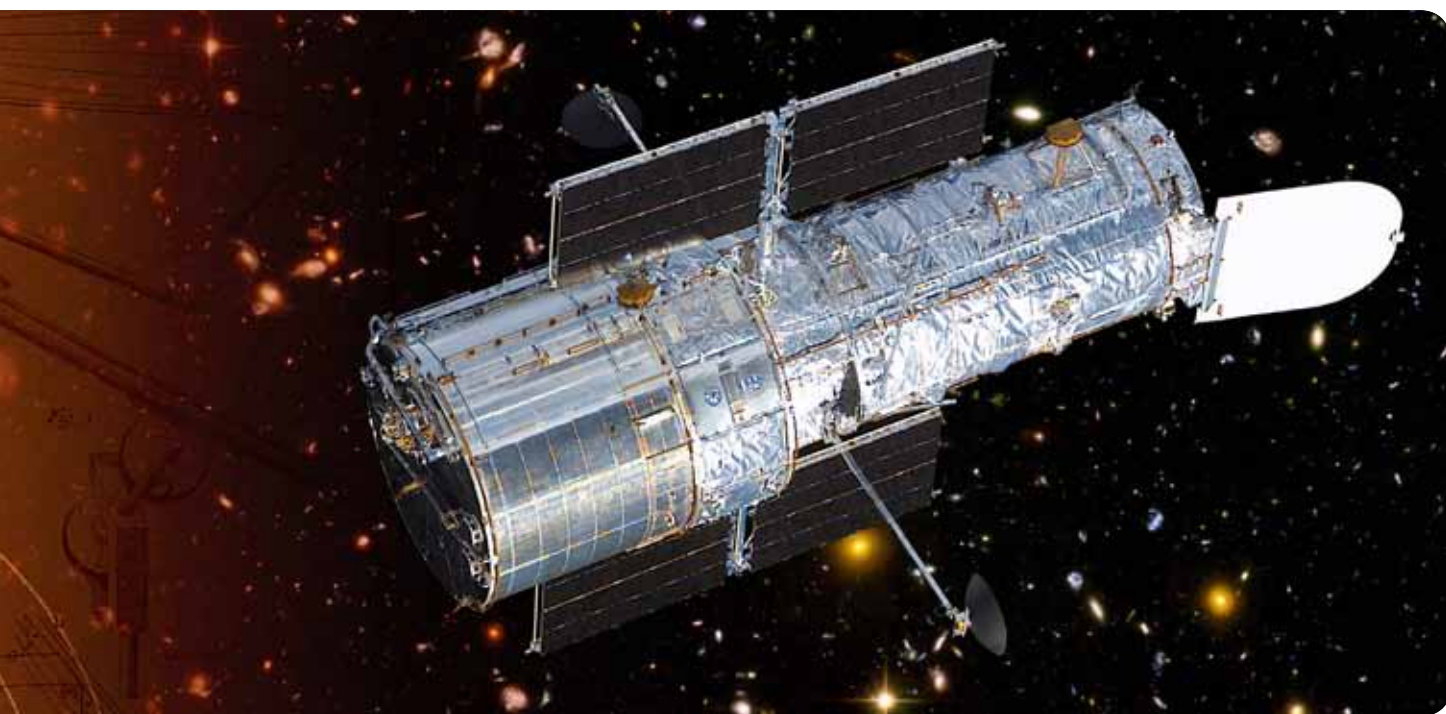




# Os quatro séculos da **ciência** **moderna**



Ilustrações: Pepe Casals

Data celebrada neste ano marca as primeiras observações de Galileu ao telescópio, a quebra do paradigma geocêntrico e principalmente a mudança radical da visão do mundo vigente até então

**E**m 1609, talvez entre uma aula e outra na Universidade de Pádua, o então professor de matemática Galileu Galilei (1564-1642) resolveu olhar para o céu. De posse de uns “óculos especiais”, aperfeiçoados por ele mesmo a partir de um instrumento recém-inventado por holandeses, ele viu a Lua de um modo como ninguém jamais tinha visto. Descobriu também que havia no espaço muito mais estrelas do que se podia imaginar e que Júpiter tinha seus próprios satélites. Observações que renderam as provas de que o mundo não gira em torno da Terra e acabaram por desenhar um novo capítulo na história do conhecimento humano. Nascia ali, há 400 anos, a ciência moderna.

Efeméride à parte, a data é um mote para refletir sobre o que representou aquele momento para a história da humanidade, o papel que a ciência passou a desempenhar a partir disso e o que ela representa hoje.

Longe de marcar só a comprovação do heliocentrismo, proposto décadas antes por Nicolau Copérnico (1473-1543), o evento comemorado neste ano recorda um momento de ruptura com a visão de mundo vigente. Galileu se recusou a aceitar a autoridade da religião sobre a natureza, o saber revelado pela tradição. Defendeu

que para gerar conhecimento é preciso observar, experimentar, calcular e raciocinar.

Não foi pouca coisa. Ao promover a busca da verdade sobre os fenômenos naturais, contrariou, em plena Inquisição, o geocentrismo de Cláudio Ptolomeu (87-151 d.C.) e a noção de éter de Aristóteles (384-322 a.C.), defendidos pela Igreja. Escapou de ser queimado vivo, como Giordano Bruno (1548-1600), que defendia concepções semelhantes, mas teve de abjurar em público sua crença de que a Terra gira em torno do Sol e amargar o resto da vida em prisão domiciliar. Diz a lenda que após a negação teria se lamentado baixinho com a frase mais famosa atribuída a ele: “Eppur si muove” (mas ela se move).

Essas foram as primeiras descobertas que enfatizaram que compete ao homem a construção de seu conhecimento. Na filosofia, essa convicção também tomava corpo com o racionalismo do francês René Descartes (1596-1650) e o empirismo do inglês Francis Bacon (1561-1626). “Com a ciência dos modernos, a autoridade do conhecimento passa dos livros, das escrituras, para a construção a partir dos resultados da intervenção no mundo”, explica o físico Fernando Dagnoni Prado, da Unesp de Rio Claro.





“Antes, por razões diversas – filosóficas para os gregos, religiosas para os medievais –, não havia por que intervir na natureza. Para os modernos, isso foi tanto lícito quanto necessário e defensável.”

“O evento das observações telescópicas marca o nascimento do observador científico moderno, uma vez que mudou as fronteiras entre o visível e o invisível”, comenta Pablo Rubén Mariconda, professor de filosofia da ciência da USP e um dos maiores especialistas em Galileu no Brasil. É dele a tradução para o português de uma das principais obras do italiano, o *Diálogo sobre dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*, publicado em 1632, cerca de um ano antes de ser condenado. “A partir das observações, Galileu mostrou que era possível ver o que não estava acessível aos nossos sentidos a partir de objetos produzidos pela razão.”

É provável que o próprio Galileu já tivesse essa noção sobre o salto que estava

A partir das observações com a luneta, Galileu mostrou que era possível enxergar além dos nossos sentidos por meio de objetos produzidos pela razão

promovendo. Neste livro, “uma obra de combate”, como define Mariconda, ironiza por meio de uma fala de seu personagem fictício Salviati: “Temos no nosso século acontecimentos e observações novas e de tal alcance que não tenho dúvida de que se Aristóteles vivesse em nossa época, mudaria de opinião”.

Nesse ponto, entretanto, o litígio com a Igreja já estava avançado. Para entender

como ele evoluiu à condenação, é preciso voltar para 1609 e 1610, quando publicou seu primeiro livro sobre o assunto, o *Sidereus nuncius* (*O Mensageiro das Estrelas*). Ali ele registrou suas primeiras observações feitas com a luneta.

O que ele viu, ou deduziu racionalmente com seu telescópio, como ele o chamava, foi a existência de crateras na Lua, estrelas invisíveis a olho nu, quatro satélites girando em torno de Júpiter, manchas solares e, posteriormente, as fases de Vênus. A ideia de que haveria crateras na Lua choca-se diretamente com a visão defendida pela escolástica de que o céu era perfeito, assim como a existência de outro corpo no espaço que possa ser o centro do movimento de uma outra coisa. Para Vênus ter fases, como a nossa Lua, a única explicação é que o planeta gira em torno do Sol.

“Se a Lua tem montanhas, ela não é uma esfera perfeita. Além disso, é da mesma matéria da Terra, de modo que não se-

### 1543 • Nicolau Copérnico

publica o *De revolutionibus*, sugerindo que a Terra e os demais planetas descrevem órbitas ao redor do Sol

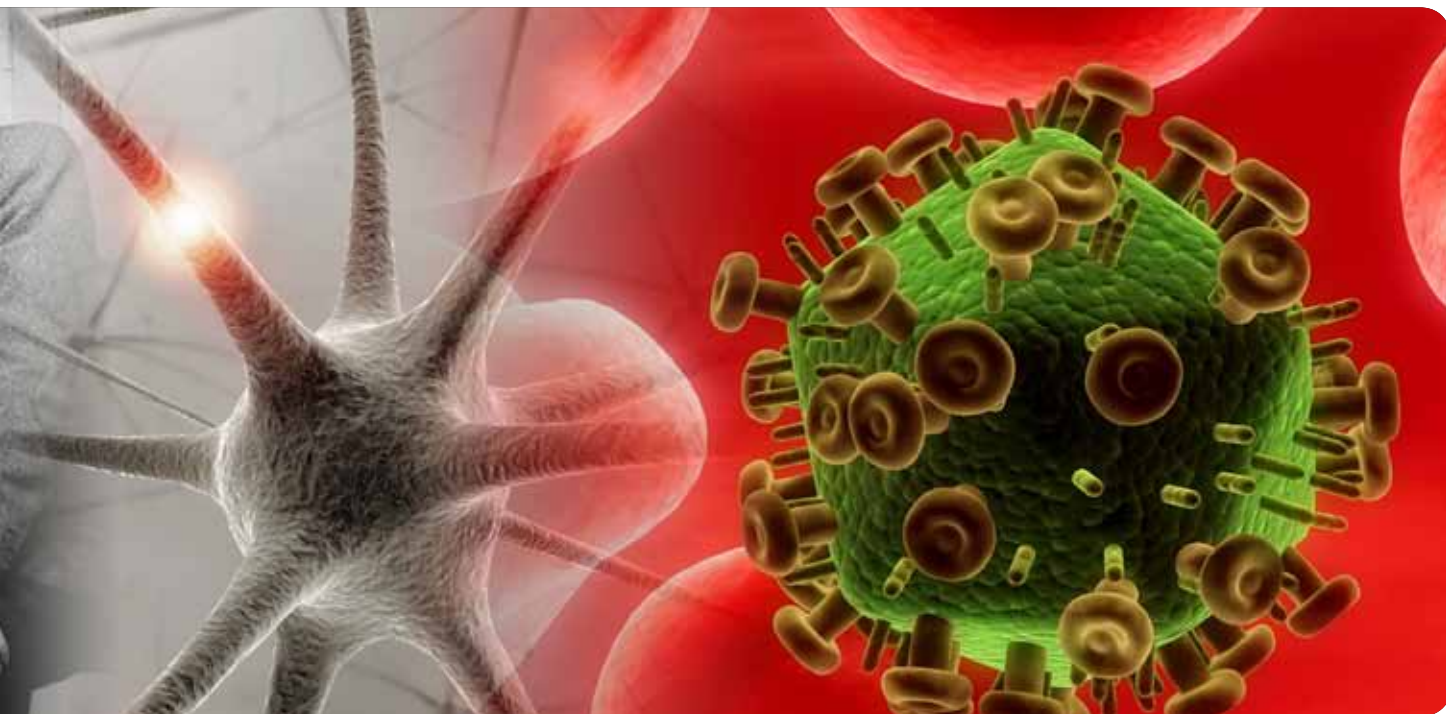
### 1609 • Galileu Galilei

constrói uma luneta e inicia o uso científico do instrumento. Seu trabalho estabeleceu alguns dos fundamentos da pesquisa científica, tais como observação, experimentação e uso da matemática

### 1609 • Johannes Kepler

publica *Astronomia nova*, demonstrando, através da análise da órbita de Marte, a correção do modelo heliocêntrico





ria mais possível separar céu e terra. A descoberta de que existem milhares de estrelas no céu sugere que o Universo não é uma esfera. E se não está numa esfera, leva a crer que o movimento de 24 horas é sempre da Terra e não de todo o Universo, dado o tamanho dele”, explica Mariconda. “A consequência não podia ser outra: é a Terra que se move.”

A partir de *O Mensageiro das Estrelas*, Galileu começa a marcar uma posição: “a Natureza revela seus segredos quando as perguntas são formuladas matematicamente”, escreve o filósofo Carlos Ziller Camenietzki na tradução que fez para o português de *Sidereus nuncius*, a pedido do Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast), em 1987. No primeiro semestre deste ano, foi relançada em edição de bolso pela revista *Scientific American Brasil*.

Muito antes de Galileu, a escola aristotélica já defendia a observação, mas era algo meramente contemplativo. “A

observação passa a ser, com ele, a experimentação. Não basta mais observar as coisas, trata-se de ‘construir um fenómeno’, ou seja, estruturar uma pergunta inserida num contexto teórico, que receberá como resposta um número, um ente matemático”, complementa Camenietzki na introdução ao texto.

#### **Eu, produtor de conhecimento**

O ano de 1609 foi simbólico porque Galileu começa ali a oferecer uma visão inteiramente nova sobre o procedimento científico. Criou um programa sistemático de observações, a base da instrumentação científica, com experiências repetíveis, cada vez mais aperfeiçoadas. “Com fórmulas ele deduziu como a natureza agia. Mostrou que a realidade da natureza está nela. Se negou a acreditar em algo só porque alguém disse ou escreveu, por tradição. Para saber era preciso experimentar. Nesse sentido, ele foi o professor de física básica. Faz, infere

relação de causa e efeito, depois tenta extrapolar, checar até onde vale aquela lei, se vale para todas as circunstâncias. Dava início assim ao método científico propriamente dito que seria postulado depois”, comenta o astrônomo Othon Winter, da Unesp de Guaratinguetá. Para Mariconda, isso configura poder: “As leis dizem o que o mundo é. Portanto, porque ‘eu’ descobro, ‘eu’ posso dominar o mundo”.

Até então, por parte dos antigos, havia uma noção de que as máquinas que existiam na época serviriam para enganar a natureza, não se visava o seu controle por parte do conhecimento porque ele simplesmente não era cogitado. A experimentação até existia, lembra Winter, mas era vista de outra maneira, com correções para ‘encaixar’ a crença vigente. “Era o chamado processo de ‘salvar fenómenos’. Isso surgiu com Ptolomeu, que tentou reproduzir o que estava observando para salvar o geocentrismo. Fazia um círculo

### **1616** ● **William Harvey**

recorrendo à dissecação e a outros métodos experimentais, demonstra a circulação sanguínea

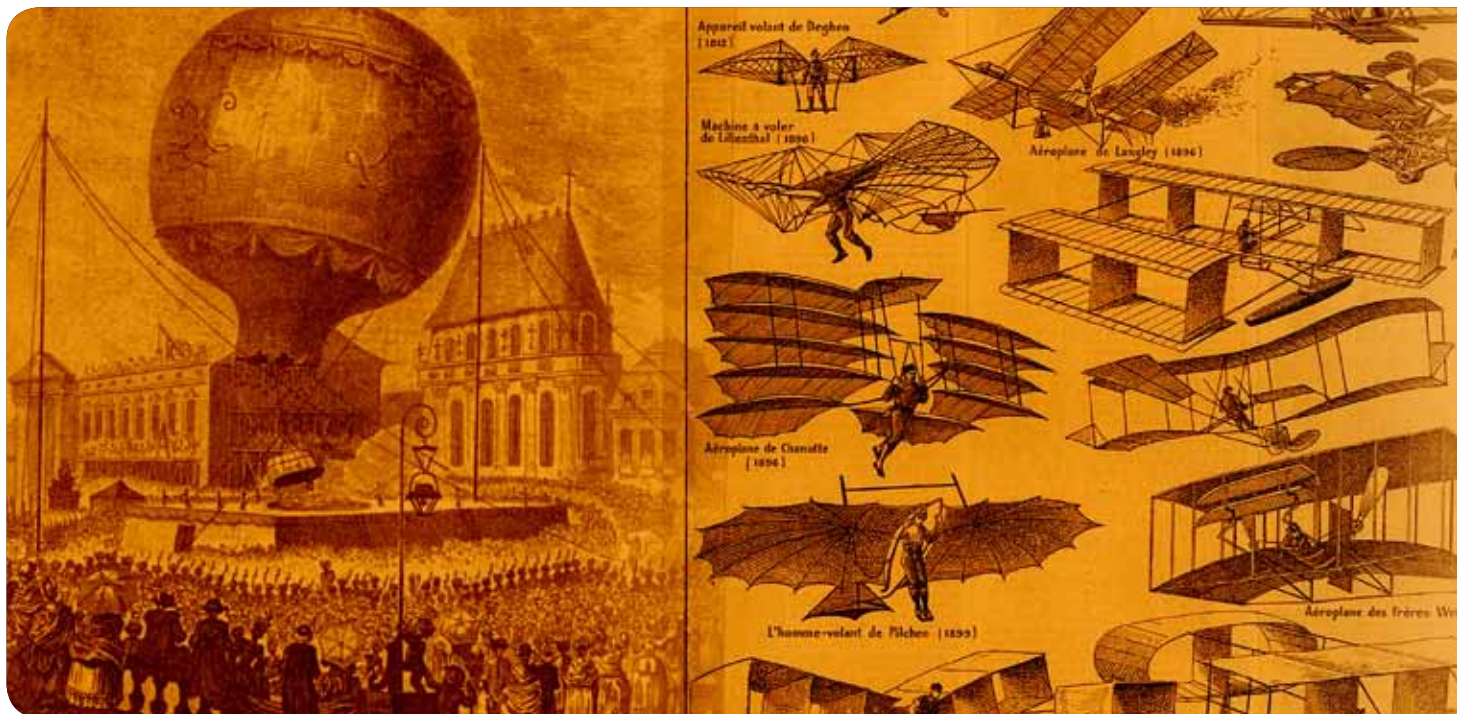
### **1620** ● **Francis Bacon**

publica *Instauratio Magna*, indicando procedimentos para estabelecer e interpretar os saberes sobre o mundo natural

### **1637** ● **René Descartes**

em *Discours de la méthode*, consagra a dúvida sistemática como um dos princípios de investigação intelectual do pensamento moderno





dentro de outro, para o centro continuar sendo a Terra. Foi criando mecanismos para salvar, sem física nenhuma.”

Já no primeiro conjunto de observações de Galileu está implícita toda a discussão da liberdade científica, de que é possível romper com as concepções tradicionais quando se usa a matemática para descobrir as leis naturais, as regularidades segundo as quais acontecem os fenômenos. “A intervenção não é mais feita para enganar a natureza. O controle é feito justamente porque se sabe como ela funciona”, complementa o filósofo da USP.

O que Galileu propunha, portanto, ia muito além da ideia de que a Terra não é o centro do Universo. Copérnico havia proposto isso em 1543 com o lançamento do livro *De revolutionibus* (*As revoluções dos corpos celestes*) pouco antes de morrer, e a obra, durante todo esse período, tinha passado meio ao largo das restrições católicas. Muito provavelmente porque era

O homem perdeu seu pedestal no Universo, mas se conscientizou como o único ser capaz de compreender a natureza e dominá-la

um texto duro, de difícil penetração mesmo para os astrônomos da época, explica Mariconda. “A questão com Galileu não era só científica, mas afetava a concepção do mundo de uma maneira arrasadora para toda a cultura antropocentrista e antropocentrada que vinha desde a Antiguidade. A Bíblia dizia que tudo foi criado para servir ao homem, e com Galileu isso estava sendo, vamos dizer assim, espoliado.”

Em 1616, então, o livro de Copérnico foi colocado no índice de obras proibidas, e

o florentino não mais poderia falar sobre heliocentrismo. “Aí começa todo o drama de Galileu porque *epur si muove*, não era possível pensar de outro jeito”, conta Mariconda. Para o astrônomo, naquele momento o embate era claro: não se podia empenhar artigos de fé em assuntos de razão. “Esse é o ponto do nascimento da ciência moderna, a separação entre ciência e fé, entre fato e valor. A ciência determina fatos, e esses fatos, em princípio, servem para todos os homens; portanto são neutros do ponto de vista do valor. Se a Terra se move ou não, isso não tem nada a ver com ser protestante ou católico, vai nascer a questão da autonomia da ciência, a liberdade que a razão tem de estabelecer, independente de teologia, da moral, etc, as verdades naturais.”

Publicou o *Diálogo* em uma tentativa clara de fazer rever a condenação de 1616, mas não conseguiu. Acabou ele próprio sendo julgado e preso. Por ironia, o ho-

## 1660 • Royal Society

A mais antiga sociedade científica ainda em funcionamento é criada na Inglaterra

## 1661 • Robert Boyle

contrapondo-se à cosmovisão dos quatro elementos essenciais – terra, água, fogo e ar, sugere que a matéria é composta pela combinação de minúsculos corpúsculos fundamentais

## 1674 • Leeuwenhoek

Anthony van Leeuwenhoek inaugura a microbiologia ao observar pelo microscópio seres vivos movendo-se numa gota d’água





mem que viu o que ninguém havia visto acabou morrendo cego em casa. O que ele dissera, no entanto, já tinha se espalhado. Seus embates por cartas com membros do clero desde sempre foram públicos, e a recém-nascida imprensa acelerou de modo sem precedentes o processo de divulgação científica.

### Homem fora do pedestal

Essa revolução deixou marcas na imagem que a civilização tinha de si mesma. Para Sigmund Freud (1856-1939), foi a primeira das três feridas que abalaram o narcisismo da humanidade, ao tirar dos homens a ideia de que eles ocupavam um lugar privilegiado no Universo. A segunda ocorreu há 150 anos, com a teoria da evolução por seleção natural proposta por Charles Darwin em seu *A Origem das Espécies*, outra comemoração científica deste ano. A terceira, segundo Freud, foi a que seu próprio trabalho provocou ao

mostrar que o homem não é senhor absoluto de sua própria psique.

Aproveitando as duas efemérides, perguntamos a pesquisadores brasileiros, a exemplo da revista britânica *New Scientist* no final do ano passado, qual dos dois cientistas mais colaborou para tirar o homem de seu pedestal. Na publicação estrangeira ganhou Darwin. Aqui houve um empate, mas com uma ponderação.

“É uma situação ambígua, porque ao mesmo tempo em que o homem perdeu o seu lugar privilegiado no mundo, Galileu mostrou que ele é capaz de produzir conhecimento. Não habita o centro do Universo, mas é quem tem capacidade de compreender isso. E porque tem essa capacidade de conhecer, domina os outros e não precisa mais ser investido por Deus. A dominação se faz agora pela ciência, pela razão”, defende Mariconda.

O pensamento ganhou eco também na Unesp com Roelf Cruz Rizzolo, professor

de anatomia humana da Faculdade de Odontologia de Araçatuba. “O que Galileu e Darwin tiraram do pedestal foi Deus, não o homem. Eles mostraram que o homem tem capacidade de responder a coisas que até então só as entidades espirituais eram capazes de responder. O homem questionador ganhou o centro das atenções. A teoria da evolução mostrou que somos só mais uma espécie qualquer, mas é a espécie que tem capacidade de entender o que acontece. E para isso os deuses se tornaram desnecessários. Ambas geraram conflito porque ameaçavam o poder.”

### Do moderno ao contemporâneo

Os séculos que se seguiram viram a ciência assumir uma posição completamente diferente. De atividade digna de mandar alguém para a fogueira, ela ganhou status de verdade absoluta com o Iluminismo, para depois ter sua credibilidade abalada diante das mais diversas tragédias,

## 1687 • Isaac Newton

publica *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, onde formulou leis que explicam os movimentos dos corpos terrestres e celestes e suas causas

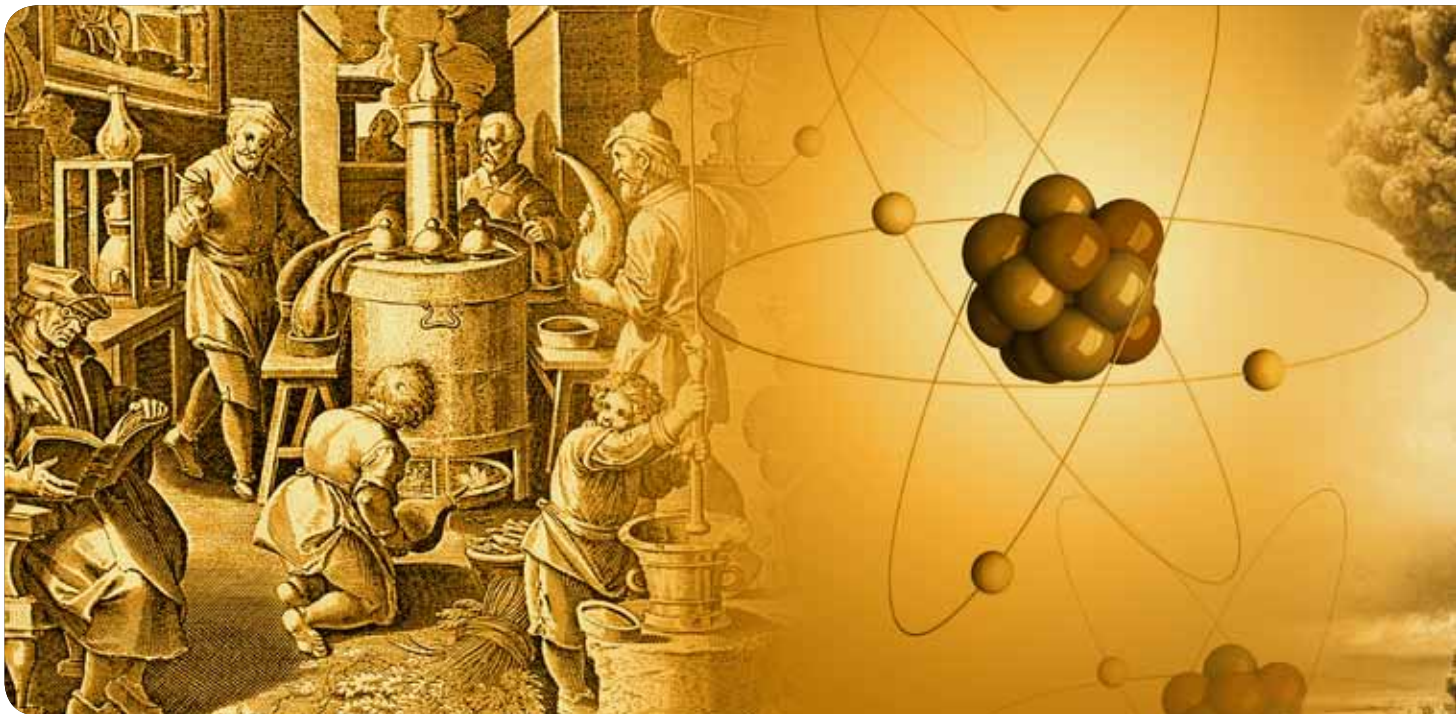
## 1735 • Carl von Linné

criou um sistema de classificação dos seres vivos que serve de base para os sistemas taxonômicos modernos

## 1751 • Enciclopédia

coordenada por Jean d’Alembert e Paul Diderot é publicada; o projeto corporificava o espírito iluminista de investigar, por via racional, todos os assuntos





momentos que acabaram abrindo espaço para o ressurgimento do misticismo. Ela mesma já começa a mudar de cara. Se os anos 1900 foram o século da física, este será da biologia, afirma Othon Winter com conhecimento de causa. “Já vemos muitos físicos migrando para a biofísica. Astronomia indo para a astrobiologia. É uma migração natural.” Mas para os pesquisadores ouvidos por **Unesp Ciência**, os desafios atuais passam por um reposicionamento do papel da ciência em relação à humanidade.

“Com a consolidação da ciência, surgiu a suposição de que ela serve para todos, então não tem problema moral”, comenta Mariconda. “Mas hoje sabemos que não é bem assim, porque gradativamente ela foi se tornando mais complexa, passou a precisar de financiamento. Da lunetinha do Galileu, que só usou tubinhos e dois pedacinhos de vidro para fazê-la, ao Hubble, quanto não se gastou?”, questiona. “E

Ao longo dos séculos, a ciência chegou a alcançar uma posição de verdade absoluta, mas hoje enfrenta o desafio de se tornar menos comercial e mais pública

se ciência precisa ser financiada e foi se ligando ao sistema de produção, há, portanto, interesses envolvidos. O desenvolvimento mostrou que ela não é totalmente neutra. E os interesses têm sim implicações morais, sociais, no domínio dos valores.”

Para Renato Rocha Lieber, engenheiro de Unesp de Guaratinguetá e especialista nas relações entre ciência, incerteza, risco e catástrofes, o excesso de confiança ge-

rou problemas. Segundo ele, a partir do momento em que a humanidade passou a esperar que a ciência lhe desse todas as respostas, ganhou espaço o cientificismo, mas a reação foi proporcional quando se viu que ela também deixa expectativas. “Pontes que caíram, o Titanic que afundou. Tudo isso conduziu a uma melhor aproximação da realidade, mas a noção de nossa pequenez acaba promovendo um apelo por algo maior, que dê respostas. O misticismo ressuscita com os insatisfeitos buscando outras certezas.”

O pesquisador acredita que a desconfiança provém do próprio cientificista. “Ao proclamar a ciência como verdade absoluta acaba impedindo uma aproximação mais real. Ainda hoje temos a corrente positivista. O poder social trocando de mãos, do eclesiástico para o acadêmico”, diz. “O homem que crê na fé absoluta é o mesmo que acredita na ciência absoluta, pois para ele a decisão é externa a

## 1788 • James Hutton

estabelece os princípios da geologia moderna e contesta ideias até então populares, como a de uma origem recente para a Terra e a ocorrência de um dilúvio

## 1789 • Lavoisier

Antoine Lavoisier escreve *Traité Élémentaire de Chimie*, o primeiro livro texto sobre química moderna, no qual enunciou o princípio de conservação de massa

## 1859 • Charles Darwin

publica *A Origem das Espécies*, introduzindo suas ideias sobre o surgimento e o desenvolvimento dos seres vivos





si mesmo. O homem responsável coloca a decisão em si mesmo." Em última instância, compara, o "determinismo se assemelha com o design inteligente", diz referindo-se à corrente que defende a existência de uma potência externa que guia os processos do mundo, em oposição à teoria da evolução por seleção natural.

Mariconda também critica a forma atual de fazer ciência em segredo. Em seu nascimento, lembra, ela tinha um caráter público. A correspondência de Galileu estava longe de ser íntima. As cartas trocadas com seus opositores eram copiadas para todo mundo. Mas gradativamente, lamenta o filósofo, isso foi desaparecendo.

Para ele, o divisor de águas que marca a inflexão da ciência moderna na ciência contemporânea foi o Projeto Manhattan, a produção da bomba atômica. "Os cientistas se reuniram sob a cláusula do sigilo. Ali começou um momento em que se tem pesquisa científica qualificada,

porém secreta. A ideia de que a ciência era pública e por isso beneficiava toda a humanidade acaba caindo por terra se eu tenho pesquisa a que ninguém tem acesso. Isso significa então de saída que a ciência já não beneficia toda a humanidade." Afora a situação de guerra, diz, é isso que ocorre nos laboratórios farmacêuticos e no patenteamento de processos moleculares. "O conhecimento ficou privado. Troca-se conhecimento por lucro."

Em outra vertente desse problema, a ciência tem se isolado no laboratório, deixando de se preocupar com a formação científica da população, alerta Rizzolo. "Isso tem colaborado para deixar a população iletrada, sem condições de avaliar as coisas que precisa decidir, como questões controversas como transgênicos, pesquisas com células-tronco, etc. No primeiro caso, a população vê de um lado a Monsanto, do outro o Greenpeace. Fica refém de dois tipos de 'fundamenta-

lismo', um econômico e outro ambiental. Sem tomar partido, a universidade tem de ajudar a responder a essas questões."

Para o pesquisador, a ciência no laboratório pode estar indo bem, mas fora dele, a cultura científica está bem mal. "E se a ciência fica de fora, o lugar acaba sendo ocupado por outros, abre espaço para as pseudociências, para uma volta ao conhecimento passado por autoridade, tradição e revelação."

Winter concorda e alerta que o maior perigo disso é a população ficar sujeita a casos de charlatanismo. "A ciência fica em uma posição meio perdida. De um lado a tecnologia trouxe uma coisa meio mágica. As pessoas veem os avanços sem ter a menor ideia do conhecimento que está por trás. E sem saber ficam sujeitas às piores distorções, com charlatões se apropriando de conceitos científicos sem o menor cabimento para justificar seitas."

• Colaborou Pablo Nogueira.

### 1873 • James Maxwell

formula um conjunto de equações que unifica a eletricidade e o magnetismo e descreve a luz como um fenômeno eletromagnético

### 1900 • Max Planck

introduz a ideia de quantum, dando início à criação da teoria quântica

### 1915 • Albert Einstein

formula a teoria da Relatividade Geral, unificando as dimensões de espaço e tempo