



CENTRO DE ALTOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS ESTUDOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

O LEGADO DE GALILEU PARA A CIÊNCIA MODERNA

The screenshot shows a webpage with the following content:

- Header:** Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
- Title:** O legado de Galileu para a ciência moderna
- Text:**

En 1564 nació Galileo Galilei en Pisa, Italia. Desde muy joven se dedicó a estudiar matemáticas y física. Fue un gran observador y experimentador. Descubrió que la Tierra no era el centro del universo, sino que giraba alrededor del Sol. También descubrió que la velocidad de caída de los cuerpos no dependía de su peso. Sus descubrimientos revolucionaron la física y la astronomía.

Galileo inventó el telescopio, lo que le permitió observar el cielo con mayor detalle. Descubrió lunas alrededor de Júpiter y que las estrellas eran mucho más numerosas de lo que se creía antes. Sus descubrimientos demostraron que la Tierra no era el centro del universo, sino que giraba alrededor del Sol.

Galileo fue un gran observador y experimentador. Descubrió que la Tierra no era el centro del universo, sino que giraba alrededor del Sol. También descubrió que la velocidad de caída de los cuerpos no dependía de su peso. Sus descubrimientos revolucionaron la física y la astronomía.
- Image:** A portrait of Galileo Galilei.

REFERENCIA: 4ACH21

A conquista do espaço

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica

Opinión

Reportajes

Noticias

Entrevistas

O legado de Galileu para a ciência moderna

Por Danilo Albergaria

No final do ano de 1609, Galileu Galilei apontou seu rudimentar telescópio para o céu e enxergou o cosmos mais longe e com maior nitidez do que qualquer outro ser humano havia, até então, imaginado. As observações do famoso acadêmico pisano, comunicadas no ano seguinte por seu livro *Sidereus nuncius* (Mensageiro das estrelas, em tradução livre), causaram uma miríade de reações contraditórias, de surpresa e encantamento a estranhamento e negação. Nos quatrocentos anos seguintes, a ciência se institucionalizou como ferramenta poderosa de conhecimento e intervenção sobre a natureza, a física seguiu a rota dos pioneiros passos do início do século XVII e invadiu as explicações de fenômenos celestes, e a própria atividade de observar os confins do espaço expandiu nosso universo com segundas revoluções técnicas que culminaram nos atuais telescópios espaciais. Se procurarmos os alicerces desses desenvolvimentos, encontraremos dentre eles os eventos protagonizados por Galileu, suas observações e escritos, cujos significados para a ciência ainda hoje geram controvérsias e debates no meio acadêmico.

Filósofos e máquinas

Quando pensamos nas ciências naturais, hoje, a imagem mais frequente do ambiente de trabalho dos homens e mulheres que se dedicam à ciência invariavelmente inclui sofisticados instrumentos, máquinas que incorporam os últimos avanços tecnológicos. Há muito tempo, as imagens do cientista inseparável de seus instrumentos se tornaram referências populares: o biólogo e o microscópio, o astrônomo e o telescópio e, mais recentemente, o físico e o colisor de partículas. Mas nem sempre foi assim. Foi apenas no período que marca o início da era moderna (fins do século XV até início do século XVII) que alguns homens envolvidos na produção de conhecimento sobre a natureza passaram a incorporar em seus estudos os novos instrumentos produzidos por artesãos, pessoas alheias às universidades e voltadas para o conhecimento técnico. Para o pesquisador Thomas Haddad, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (USP), "a Europa do século XVI já havia presenciado uma transformação considerável no valor socialmente atribuído à técnica e a certas formas de trabalho manual e Galileu se forma em uma cultura decididamente sensível às realizações dos engenheiros, artistas, artesãos, construtores de instrumentos".



A chamada Idade Média estava em seus estertores, e assim também se encontrava seu modelo de produção de conhecimento. As universidades encontravam-se dominadas pelo pensamento escolástico, avesso ao que hoje conhecemos como experimento e baseado fundamentalmente em autoridades irrefutáveis: a Bíblia e os escritos de Aristóteles. Um professor de medicina poderia passar a vida inteira estudando e ensinando sem nunca fazer uma incisão ou uma autópsia, ofícios considerados menores. O conhecimento da natureza era geralmente uma nota de rodapé ao que Aristóteles havia sistematizado na Grécia antiga. Aos poucos, contudo, foi-se constituindo uma nova visão em que a natureza era um livro tão importante quanto as Escrituras, que deveria ser lido por meio de observações atentas, e se necessário com a utilização de instrumentos produzidos por técnicas mundanas.

Poucos eventos da história da ciência simbolizam com tanta importância e mais decisivamente a convergência entre ciência e técnica do que as observações astronômicas que Galileu realizou e descreveu a partir de 1609. A história é popularmente conhecida: o telescópio havia surgido na Holanda no ano anterior e o próprio Galileu o aperfeiçoou para fazer suas observações. Segundo o historiador da ciência Antonio Augusto Passos Videira, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), "entre muitos dos seus contemporâneos, Galileu tinha em sua casa uma oficina para a produção de instrumentos militares e científicos". Nessa oficina, ele teria cortado e polido lentes "muito melhores do que aquelas que constituíam os telescópios que se vendiam pela Europa", afirma Júlio Vasconcelos, professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Familiarizado com novidades técnicas, Galileu apontou seu aprimorado telescópio para o céu. O que viu através daquelas lentes acabaria ter impactos profundos em toda a ciência.

O alto grau de novidade das observações de Galileu foi veiculado, em 1610, em sua obra *Sidereus nuncius*. Suas constatações significaram um ataque frontal à claudicante cosmologia aristotélica, até então ainda vigente. No cosmos aristotélico, os céus são o lugar da perfeição. Logo, a Lua deveria ser uma esfera perfeita. Galileu observou que, pelo contrário, a Lua tinha um relevo bastante acidentado, com montanhas e vales. Algumas das chamadas nebulosas, aproximadas pelo telescópio, apareceram pela primeira vez como aglomerados de estrelas. O astrônomo pisano afirmou que, ao telescópio, eram detectáveis dez vezes mais estrelas do que a olho nu. A própria Via Láctea era, ao contrário do que se pensava, um enxame de estrelas. Galileu descobriu ainda que Júpiter tinha quatro luas ele próprio, o que constitui uma primeira evidência real de que nem todos os astros giravam exclusivamente ao redor da Terra.

Alicerces da ciência moderna

Além de ter fornecido um exemplo vívido de que o estudo da natureza só teria a ganhar com as contribuições das novas técnicas, Galileu é considerado um dos pilares da astronomia e da física modernas. Mais controversa, no entanto, é sua contribuição para a ciência moderna como um todo.

Primeiro é preciso dizer que não há uma preocupação, por parte de Galileu, em sistematizar um método científico abstrato, que se assemelharia a um trabalho de epistemologia: "Galileu nunca se interessou por escrever um tratado sobre o método científico", lembra Videira. Mas há interpretações favoráveis à ideia de que ele forneceu um paradigma para a futura pesquisa científica, alicerçando-a nos princípios da experimentação, reprodutibilidade dos resultados, e atenção aos padrões naturais com tendências universalistas. Essa é a opinião do filósofo da ciência Pablo Ruben Mariconda, pesquisador da Universidade de São Paulo, para quem a ciência moderna ainda opera, fundamentalmente, sob um paradigma galileiano: "não vejo dissensões significativas dessa formulação geral do paradigma galileiano. Mais ainda, esse não se limita à física ou à astronomia, mas está presente em todas as ciências naturais, principalmente, hoje em dia, na biologia", afirma Mariconda. A mesma opinião é compartilhada por Júlio Vasconcelos, que percebe "uma continuidade entre o que fazia Galileu e o que faz hoje cada um dos cientistas contemporâneos, apesar dos progressos e das reviravoltas das ciências nesses quatrocentos anos". Thomas Haddad, por sua vez, prefere não estender um modelo galileiano para todas as ciências naturais: "parece-me realmente importante que nos limitemos à astronomia e à física, pois a influência de Galileu (e mesmo de Newton) sobre o curso da história natural – as 'ciências da vida e da Terra' – e da química é muito menos claro".

Há consenso quando o assunto é a universalização com base na matemática, cujo melhor exemplo são as *leis universais* da física. Galileu – assim como seu contemporâneo Johannes Kepler – pode ser visto como uma ruptura na tradicional separação entre física e astronomia. Na cosmologia aristotélica, o movimento aparente dos astros nada tem a ver com o movimento das coisas na Terra. Fazem parte de uma outra física – são até feitos de outra substância – a qual não podemos ter acesso. Os trabalhos de Galileu e Kepler, por sua vez, remam da direção contrária: matematizam movimentos de objetos na Terra (Galileu) e dos planetas (Kepler), vinculam fenômenos terrestres (como a maré) a causas astronômicas e abrem caminho para a unificação total entre física e astronomia que aparecerá com a lei da gravitação universal de Newton.

A revolução copernicana

Outra questão que marca o papel desempenhado por Galileu na história da ciência é a sua rejeição do geocentrismo e a defesa do modelo proposto por Nicolau Copérnico no século XVI.

Assim como Kepler, personagem de estatura semelhante na história da revolução copernicana, Galileu estava convencido de que o sistema heliocêntrico (ou seja, em que o Sol está no centro do universo e a Terra é um planeta girando ao seu redor) de Copérnico, publicado em 1543, estava correto.

A persistência de Galileu em defender o modelo copernicano, anos mais tarde, vai desembocar numa das mais célebres polémicas entre religião e ciência. Condenado pela Igreja Católica à prisão domiciliar perpétua e obrigado a recusar publicamente a ideia de que a Terra gira em torno do Sol, Galileu se transformou – segundo uma visão retrospectiva e triunfalista da história – num mártir da ciência. Essa imagem altamente idealizada acabou por embotar a realidade histórica, construindo uma noção de que a Igreja rejeitou em bloco e *a priori* o copernicanismo ou mesmo as surpreendentes observações telescópicas de Galileu. Haddad lembra que “a tradicional narrativa de um Galileu isolado, tentando convencer, sobretudo, uma Igreja Católica desconfiada, a aceitar a mera possibilidade de uso do instrumento, é simplesmente insustentável, como atesta a recepção entusiasmada que teve em Roma em 1610, bem como a quase imediata incorporação do telescópio à prática astronômica dos jesuítas”. Jesuítas que, ao contrário das narrativas “preto-e-branco” sobre a polémica, foram importantes interlocutores de Galileu, ainda que posicionados no lado oposto do debate.

O episódio da defesa de Galileu da teoria de Copérnico e sua posterior condenação pela Inquisição “representa emblematicamente a separação que se estabelecerá na modernidade entre ciência e religião, razão e fé”, afirma Mariconda. Segundo o filósofo da USP, “Galileu viu com clareza que o método científico servia para delimitar o território da ciência como independente, autônomo, com relação a outras esferas como a teologia, a religião e a política”. A partir de Galileu, portanto, a ciência passa a se constituir como uma forma distinta de conhecimento, operando segundo mecanismos próprios.

Grandes transformações?

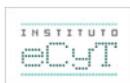
Embora haja controvérsias, é voz corrente a constatação de que há uma crise nos modelos cosmológicos atuais (leia [reportagem](#) sobre os desafios da astronomia). Não é de todo descabido comparar a aparição de concepções enigmáticas como a da energia escura, de cordas e supercordas, à incorporação de artifícios cada vez mais complexos para sustentar o cosmos aristotélico, que levou mentes como a de Galileu e de Kepler a serem seduzidas pela simplicidade do modelo de Copérnico e romperem com a tradição dominante. Nesse contexto, faz sentido perguntar se precisamos de “novos Galileus”?

Para Antonio Videira, a resposta é positiva. “Novos Einsteins e Galileus são absolutamente necessários, pois a ciência precisa de criadores, de pessoas que nos mostram como sair dos impasses vividos ou como trilhar novos caminhos”. Já Thomas Haddad encampa visão oposta: “de um ponto de vista epistemológico, não podemos considerar que ‘novos Galileus’ ou ‘novos Einsteins’ sequer façam sentido, pois não são eles necessariamente os motores das transformações na ciência”. É razoável lembrar que trata-se de contextos históricos completamente diferentes: “a situação atual da ciência é bem mais complexa do que na época de Galileu e mesmo de Einstein”, enfatiza Mariconda.

No entanto, sem procurar entrar no vespertino da dicotomia entre contribuições individuais e condicionantes históricas, cabe afirmar que as contribuições de Galileu à ciência continuam fundamentais para entendermos o caminho que a ciência percorreu nesses quatrocentos anos. E, como sintetiza Vasconcelos, “a tradição não se equivoca quando reverencia, há muito, a figura de Galileu como a de um dos principais fundadores de um secular empreendimento que deveria ser motivo de orgulho não só para os cientistas, mas para todos os homens e mulheres”.



Aporte de Labjor



Inicio



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Projeto Iberoamericano de Divulgação Científica
Comunidade de Educadores Iberoamericanos para a Cultura Científica

Ficha catalográfica

Título:	O legado de Galileu para a ciência moderna
Autor:	Danilo Albergaria
Fonte:	<i>Projeto Iberoamericano de Divulgação científica (OEI-AECID)</i>
Resumo:	O uso do telescópio por parte de Galileu para constatar que os céus não eram tão perfeitos, como se considerava desde Aristóteles, trouxe uma grande mudança nos conceitos científicos e também na maneira de construí-los. Junto com as leis de Copérnico e de Kepler, as colocações de Galileu produziram um giro radical na forma de entender o Universo. Melhorar as observações mediante o uso de artefatos técnicos e preferir a sistematização ao formular os modelos teóricos, são duas das dúvidas que a ciência têm com Galileu.
Data de publicação:	09/2009
Formato	<input type="checkbox"/> Notícia
	<input checked="" type="checkbox"/> Reportagem
	<input type="checkbox"/> Entrevista
	<input type="checkbox"/> Artigo de opinião
Container: (módulos)	<input type="checkbox"/> 1. Os desafios da saúde e da alimentação
	<input type="checkbox"/> 2. Os desafios ambientais
	<input type="checkbox"/> 3. As novas fronteiras da matéria e da energia
	<input checked="" type="checkbox"/> 4. A conquista do espaço
	<input type="checkbox"/> 5. O habitat humano
	<input type="checkbox"/> 6. A sociedade digital
	<input type="checkbox"/> 7. Outros temas de cultura científica
Referência:	4ACH21



Projeto Iberoamericano de Divulgação Científica
Comunidade de Educadores Iberoamericanos para a Cultura Científica

Proposta didática
Atividades para o alunado

1. Assinale quais das seguintes afirmações são verdadeiras e quais são falsas tendo em conta o que é dito no texto sobre o legado de Galileu para a ciência moderna:

1. Desde a Grécia antiga o telescópio vinha sendo utilizado para observar o céu. Galileu foi o primeiro astrônomo que considerou que não era necessário para formular teorias.	V	F
2. As observações de Galileu receberam aplausos unânimes na época.	V	F
3. Atualmente, os artefatos técnicos não são muito utilizados para desenvolver pesquisas científicas.	V	F
4. Durante a Idade Média não se realizavam autópsias para os estudos de anatomia.	V	F
5. Galileu aplicou um invento recente, o telescópio, para melhorar as observações astronômicas.	V	F
6. Galileu sempre esteve de acordo com a cosmologia aristotélica.	V	F
7. Galileu descobriu com seu telescópio que as órbitas dos planetas são elípticas.	V	F
8. Galileu considerava que a física e a astronomia deviam ter inter-relações.	V	F
9. A observação do relevo acidentado da superfície da Lua não encaixava com o modelo aristotélico.	V	F
10. Galileu e suas teorias foram sempre muito bem recebidos pela Igreja.	V	F

2. Pesquise quem foi Galileu e quais foram suas contribuições mais destacadas no campo da física e da astronomia.

3. Faça um resumo do conteúdo do texto para que alguém que não o tenha lido possa saber três coisas:

- Que papel os artefatos tiveram nas observações astronômicas de Galileu.
- O que acarretaram essas observações na relação com a cosmologia aristotélica.
- Que lugar ocupa Galileu no desenvolvimento da ciência moderna.

4. Procure informações para entender em que consistiu a revolução nas concepções do cosmos da modernidade e responda as seguintes questões: Como era a concepção aristotélica do Universo? Em que sentido foi modificada por Copérnico? O que Kepler acrescentou a astronomia moderna? Quais foram os principais aportes de Galileu? E os de Newton?

5. Que papel tinha a técnica para o desenvolvimento do saber científico entre os gregos? Que papel teve com Galileu? E na ciência atual?

6. Busque informação sobre a maneira com que a Igreja recebeu as teorias astronômicas de Galileu e a forma que isso afetou a sua vida. Procure outros exemplos históricos onde a religião e as ciências tiveram confrontos importantes. Por que acredita que tenha havido conflitos entre o desenvolvimento da ciência e as idéias religiosas? Como pensa que estes conflitos devam ser resolvidos?

7. Sobre cada frase do quadro seguinte assinale sua postura de acordo, desacordo ou dúvida. Selecione duas ou três frases que lhe pareçam destacáveis (esteja ou não de acordo com o que relatam) e escreva um comentário sobre elas.

Quadro sobre Galileu e a ciência moderna			
1. Galileu não considerava importante a técnica para o avanço da ciência.	1	X	2
2. A observação mais objetiva é a que fazemos com nossos próprios sentidos, sem aparatos que possam distorcer nossas percepções.	1	X	2
3. Galileu era mais inteligente que Aristóteles.	1	X	2
4. A física e a astronomia não têm muito a ver.	1	X	2
5. Os corpos na Terra caem para baixo. Esse fato não requer nenhuma explicação.	1	X	2
6. As órbitas circulares são mais perfeitas que as elípticas.	1	X	2
7. Em uma simples visão a Lua parece uma esfera perfeita. Não é estranho que os gregos consideraram que o mundo celeste foi de certo modo também celestial.	1	X	2
8. Galileu não devia abjurar de suas ideias.	1	X	2
9. A Igreja não deve se meter em temas científicos, somente em assuntos morais.	1	X	2
10. Galileu inventou o método científico.	1	X	2

1: De acordo; **X:** Em dúvida; **2:** Em desacordo



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Projeto Iberoamericano de Divulgação Científica
Comunidade de Educadores Iberoamericanos para a Cultura Científica

Proposta didática
Sugestões para o professorado

- Dentre as atividades propostas convém escolher quais se adaptam melhor ao grupo e a seus interesses. Em todo caso, antes de propor a realização das atividades recomenda-se uma leitura atenta do texto.

- A atividade 1 facilita a análise do conteúdo do texto. Sua revisão permitirá clarear e resolver possíveis dúvidas. A atividade 2 sugere buscar informações sobre a vida de Galileu e seus principais aportes. Na atividade 3 é importante repassar o documento de referência para resumir o lugar de Galileu entre a ciência antiga e a moderna, assim como o papel que em sua obra astronômica teve o uso do telescópio. A atividade 4 permite um repasse da história da astronomia em relação com os modelos geocêntrico e heliocêntrico (em tempo, poderia ser interessante para isso assistir ao filme *Ágora*, de Alejandro Amenábar). As atividades 5 e 6 indicam uma revisada nas relações entre o desenvolvimento da ciência e da técnica, por um lado, e da religião por outro. A atividade 7 traz questões valorativas que podem gerar certa controvérsia em relação a estes temas.

- Ainda que as atividades propostas estejam redigidas para serem realizadas individualmente, varias delas são especialmente propícias para serem desenvolvidas em equipe ou inclusive propiciar um debate aberto com toda a sala. É especialmente interessante, neste sentido, compartilhar os trabalhos sobre as atividades 5 e 6, assim como o diálogo sobre algumas das frases da atividade 7.

- Poderia ser oportuno registrar alguns dos comentários e as respostas que aparecem na aula em torno da atividade 6. Tais apreciações podem ser úteis para entender as percepções que os jovens têm sobre as relações entre a ciência e a religião.