

Física Interessante

<http://www.fisica-interessante.com/blog-help.html>
<http://www.tumblr.com/share/link?url=http://www.fisica-interessante.com/aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-7-galileu-newton-fisica-1.html&name=7 - As Contribuições de Galileu e Newton - Parte 1&description=undefined>
<http://twitter.com/?status='7 - As Contribuições de Galileu e Newton - Parte 1': http://www.fisica-interessante.com/aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-7-galileu-newton-fisica-1.html @fisicainteressa>
<http://www.facebook.com/share.php?u=http://www.fisica-interessante.com/aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-7-galileu-newton-fisica-1.html>

7 - As Contribuições de Galileu e Newton

Para compreender melhor as contribuições de Galileu e Newton, é preciso retornarmos ao pensamento anterior vigente que, como vimos na aula [História da Epistemologia \(aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-5-historia-da-epistemologia-3.html\)](http://www.fisica-interessante.com/aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-5-historia-da-epistemologia-3.html), era basicamente o de Aristóteles, o qual prevaleceu na Europa durante toda a Idade Média.

Aristóteles

Vale a pena lembrar que, embora Aristóteles tenha escrito um livro intitulado *Física* (http://en.wikipedia.org/wiki/Physics_%28Aristotle%29), este é, na verdade, uma coleção de **estudos filosóficos sobre a Natureza**, tanto sobre os seres vivos como sobre os inanimados.



Ademais, na '**física**' aristotélica (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Arist%C3%B3teles#F.C3.ADsica>), 'movimento' era um **conceito mais vasto, metafísico** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Metaf%C3%ADsica>), que englobava qualquer tipo de mudança, não só de posição, incluindo as noções de '**crescimento**', '**alteração**' e '**mudança**'.

Assim, o **crescimento de uma planta** ou a **mudança da cor de uma substância** eram, também, considerados 'movimentos'.

No *Física*, Aristóteles investiga **os princípios e as 'causas' das coisas e das 'mudanças'**.

Causas Aristotélicas

Segundo ele, há **quatro causas**:

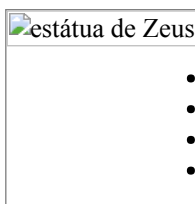
- **causa material**: aquilo de que a coisa é feita
- **causa formal**: a forma e o padrão da coisa
- **causa eficiente** - ou motora: origem de uma mudança ou movimento da coisa
- **causa final**: aquilo em virtude do qual se faz algo

Em seu livro *Fédon*, Platão afirmava que a verdadeira explicação de qualquer fenômeno físico deve ser **teleológica** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Teleologia>) (estudo das finalidades, não confundir com Teologia - o estudo sobre a divindade). Enfatizando a distinção entre as **causas necessárias** (causa material) e **causas suficientes** (causa teleológica) das coisas, ele dizia que o movimento e a ação dos corpos dependem destas últimas, as quais seriam determinados pelas finalidades impostas a eles pelo **Demiurgo** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Demiurgo>) (Deus-artesão).

Aristóteles desenvolveu, então, a ideia de **causa final** que ele acreditava que era explicação determinante de todos os fenômenos, ou seja, além das causas materiais, necessárias para o fenômeno, a **finalidade** desse fenômeno, **imposta externamente**, é que iria determinar se ele iria realmente acontecer ou não.

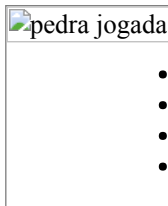
Note-se que essa causa final, teleológica, por vezes, sugere um **propósito** e uma **intencionalidade** nos fenômenos, como se a flecha '**quisesse**' atingir o alvo e a semente '**quisesse**' tornar-se uma árvore.

Exemplo



estátua de Zeus Uma estátua:

- causa material: **mármore** de que foi esculpida;
- causa formal: **forma** que o escultor realizou, p.ex., Zeus;
- causa eficiente: **escultor**;
- causa final: sua função de **ser uma obra de arte**

Exemplo

Pedra em movimento:

- causa material: **substância** da pedra;
- causa formal: **forma** de pedra ou forma da trajetória;
- causa eficiente: **atirador** que a pôs em movimento;
- causa final: **ponto de destino** do movimento, 'lugar natural', que a 'atrai'

A Física Aristotélica

Para Aristóteles, o **movimento é impossível no vazio**, pois **falta um referencial** com relação ao qual se determina o movimento.

Aristóteles estava bem consciente de que, no vazio (vácuo), sem a resistência do ar, todos os corpos, 'leves' e 'pesados' cairiam à mesma velocidade, o que para Aristóteles era absurdo; 'portanto' ele concluiu que **o vácuo não pode existir (!)**

Para ele, o movimento é sempre visto como um **efeito**, resultado de uma **causa**, a força:

Nullum violentum potest esse perpetuum (o movimento forçado não pode manter-se sozinho)
(Aristóteles, De Caelo, apud Dugas, 1955, p. 21)

Isto quer dizer que, para Aristóteles, cessada a força (**causa**), cessa o movimento (**efeito**).

Com isso, o equivalente à 2ª Lei de Newton

$$F = m \cdot a,$$

onde

- **F** é a **força** necessária para causar o movimento,
- **m** é a **massa** do objeto e
- **a** é a **aceleração** resultante,

ficaria algo como

$$F = p \cdot v,$$

onde

- **p** é o **peso** do objeto e
- **v** é a **velocidade** do movimento.

A Busca do Lugar Natural

De acordo com a 4ª causa aristotélica, vista acima, o ponto de destino do movimento era considerado o **lugar natural** daquele objeto.

Com isso, haveria dois tipos de movimento:

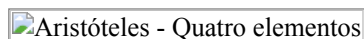
- o movimento **natural**, com a **compulsão própria do corpo, de volta** a seu 'lugar natural'
- o movimento **forçado**, quando **um agente externo move o corpo, para fora** do lugar natural

Por outro lado, haveria dois tipos de corpos:

- os '**graves**' que têm seu 'lugar natural' na Terra
- os '**imponderáveis**' que tendem para o céu


Os quatro elementos

Para explicar essa noção de '**lugar natural**', Aristóteles utilizou a teoria dos **quatro elementos** (http://pt.wikipedia.org/wiki/F%C3%ADsica_aristot%C3%A9lica#Elementos): terra, água, ar e fogo. Segundo ela, todas as coisas seriam compostas de misturas desses quatro elementos.



Ora, esses elementos teriam graus diferentes de 'gravidade':

- a **terra** afunda na água,

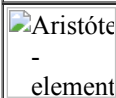





 ar na água

o ar flutua na água



o fogo flutua no ar

Assim, se poderia estabelecer a seguinte hierarquia:

símbolo	elemento
 Aristóteles - elemento	Fogo
	Ar
	Água
	Terra

Os dois primeiros, tendendo para cima, teriam no **céu** o seu lugar natural, enquanto que os dois últimos teriam lugar natural no **chão**, como, aliás, indicam seus símbolos tradicionais.

Com isso, **conforme o elemento que predominasse** na mistura, a substância seria mais 'leve' ou menos 'pesada'.

Por exemplo,



uma **pedra** seria uma mistura com **predomínio da terra** e seria, portanto, **pesada** ('grave') e seu lugar natural seria o **chão**

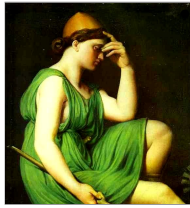


as **nuvens** seriam formadas por uma **mistura de água e ar** em que predomina o último, fazendo com que fossem **imponderáveis** e flutuassem no ar, tendo o **céu** como lugar natural.

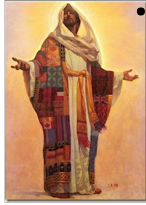
Naturalmente, em a 'física aristotélica' indo além dos fenômenos físicos, como os entendemos hoje, a noção de **lugar natural** poderia, filosoficamente, ser estendida para várias outras áreas da vivência humana.

Assim, por exemplo, numa sociedade estratificada como a grega,

- um **filho de escravos** teria seu lugar natural na base da pirâmide social e, com isso, não podia almejar qualquer ascensão social, pois isso seria **contra natura** (antinatural, contra as 'leis da natureza')



uma **mulher**, também em posição inferior na escala grega, teria seu lugar natural na casa, na procriação e educação dos filhos; uma mulher que conseguisse uma influência maior seria uma '**desnaturada**', por exemplo, uma prostituta ou uma bruxa



• um **nobre**, com lugar natural no topo da escala social, não poderia nunca 'cair' dela; de fato, nas lendas e narrativas, muitas vezes o 'herói' é feito escravo, mas sempre o destino se encarrega de fazer o seu '**valor**' **ser reconhecido**, conquistar os favores de seu amo e, portanto, recolocá-lo no seu lugar natural. Veja-se, por exemplo, a história bíblica de **José** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_%28filho_de_Jacob%29) que foi feito escravo e, depois, se tornou chanceler do Egito.



Embora essa teoria explicasse razoavelmente bem a queda e o movimento vertical dos corpos, já na época de Aristóteles, ainda, questionava-se, por exemplo, **o que manteria uma flecha em movimento após deixar o arco que a pos em movimento?** Para responder essa pergunta, Aristóteles utilizou a idéia de **antiperistasis**.

Segundo ela,

- a flecha, ao avançar, deixaria vazio o espaço que ela ocupava antes;
- como, segundo ele, a Natureza não aceita o vazio, o ar à frente da flecha viria preencher o espaço vazio com violência;
- essa violência empurraria a flecha mais para a frente;
- e assim por diante.

Éter - o quinto elemento

Todavia, embora descrevessem bem os fenômenos no mundo sublunar (terrestres), formado por corpos sujeitos a **geração e corrupção** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Da_gera%C3%A7%C3%A3o_e_da_corrup%C3%A7%C3%A3o_%28Arist%C3%B3teles%29) (criáveis e deterioráveis), a matéria celeste é constituída por um **éter** (http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%89ter_%28elemento%29) inextinguível e incorruptível.

A Contribuição dos Árabes

O chamado Islamismo floresceu no século VII na Península Arábica, a qual integrava territórios onde a ciência já se tinha desenvolvido, tais como o Egito sob os Ptolomeus e a Pérsia dos sassânidas.

Seu livro sagrado, o Corão, valorizava a **Ciência** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Ci%C3%Aancia_isl%C3%A2mica), considerava que a Medicina era uma arte próxima de Deus.

Inicialmente, era uma comunidade fértil, com uma grande variedade de povos e raças muito tolerante com estrangeiros e novas idéias.

Vários manuscritos gregos e de outras partes do mundo, especialmente os de Platão e de Aristóteles, foram traduzidos para o árabe e, nos finais do século IX, já tinham sido assimilados pela civilização islâmica.

No entanto, em vez do Escolasticismo paralizante da Europa, a ciência árabe avançou:

- não seguiu cegamente a tradição teórica dos gregos, mas colocou os velhos mestres em dúvida e
- atribuiu grande importância à observação e a experimentação.

Dentre seus vários pensadores, vale destacar

Abu Rayhan al-Biruni (973-1050)

Mais conhecido no Ocidente como **Al-Biruni** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Al-Biruni>), era viajante, tolerante e eclético e deixou uma monumental obra, com cerca de 150 manuscritos, dedicada a temas de matemática, astronomia e áreas próximas, medicina e farmacologia, metais e pedras preciosas, religião, filosofia, história da Índia.

Ibn al-Haytham

Conhecido no Ocidente como **Alhazen** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Al-Hazen>), foi um dos maiores físicos de todos os tempos. Escreveu sobre Matemática, Medicina, Fisiologia, Psicologia e percepção visual.

Introduziu os modelos de partícula para a luz e de intromissão da visão: vemos porque a luz refletida pelo objeto entra no nosso olho.

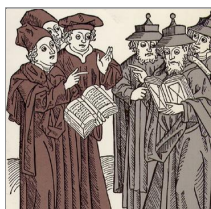
Precedendo Bacon e Galileu, defendeu a abordagem quantitativa e empírica da ciência.

Formulou o que se tornaria, muito depois, conhecido como o **Princípio da Mínima Ação** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Princ%C3%ADpio_da_m%C3%ADnima_a%C3%A7%C3%A3o), proposto por Maupertuis, em 1744 (conforme veremos na aula [A Revolução na Matemática - Parte 2 \(aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-10-revolucao-matematica-2.html#MaupertuisPrincipioMinimaAcao\)](#)).

Sobre ele, o físico Abdus Salam, ganhador do Prêmio Nobel, escreveu:

Ibn al-Haytham foi um dos maiores físicos de todos os tempos. Ele fez contribuições experimentais de níveis mais altos na óptica. Ele enunciou que um raio de luz, ao passar por um meio, segue o caminho que é mais fácil e "mais rápido". Aqui ele estava antecipando por vários séculos o princípio de Fermat do trajeto mínimo da luz. Ele enunciou a lei da inércia, que viria a ser mais tarde a primeira lei de Newton. A parte V de "Opus Majus", de Roger Bacon, é praticamente uma explicação da Óptica de Alhazen. (Islam and Science. In: C. H. Lai. Ideals and Realities: Selected Essays of Abdus Salam. 2nd ed.. Singapore: World Scientific, 1987, p. 179-213)

Escolástica



Durante a alta Idade Média, várias igrejas católicas davam aulas no próprio salão da igreja que eram destinadas aos filhos de nobres que pretendiam seguir a carreira religiosa. Aos poucos, as escolas ganharam salas adjacentes e novos edifícios. No século 12, deram origem às universidades. (NARLOCH, 2013, p. 55).

Criadas e dirigidas por padres, começaram a surgir as primeiras universidades na Europa:

- Bolonha (1088)
- Paris (1150)
- Oxford (1167)
- Modena (1175)
- Cambridge (1209)
- Salamanca (1218)
- Coimbra (1290)

Compare-se com a nossa mais antiga: Paraná (1912). Aliás, segundo Olive,

"a criação da Universidade do Rio de Janeiro, ocorrida em 1920 por iniciativa do Governo Federal, ocorreu devido à visita que o Rei da Bélgica faria ao país, em virtude das comemorações ao Centenário da Independência do Brasil. Com isso, o governo brasileiro pretendia conceder o título Doutor Honoris Causa, porém o país carecia de uma instituição propriamente universitária." (OLIVE, 2002)

No entanto, compare-se, também, com as, frequentemente esquecidas, mais antigas do mundo:

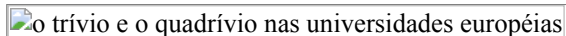
- Karuein (Marrocos) (899)
- Al-Azhar (Egito) (988)

As universidades européias foram organizadas segundo o esquema de três conteúdos iniciais (o **Trívio**):

- Gramática,
- Retórica e
- Dialética,

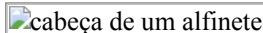
seguidos pelo **Quadrívio**:

- Aritmética (Numerologia),
- Geometria,
- Música e
- Astronomia (Astrologia).



Apesar disso, embora a Teologia fosse o curso com maior status, "exigia-se dos filósofos naturais das faculdades que se abstivessem de introduzir Teologia e temas de fé na filosofia natural" (GRANT, apud NARLOCH, 2013, p. 55).

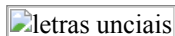
Conforme vimos na aula [Racionalismo e Empirismo \(aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-6-racionalismo-e-empirismo-1.html\)](#), a [Escolástica](#) (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Escolasticismo>) era o método de ensino prevaemente nas universidades europeias durante a Idade Média, com forte ênfase na dialética e na inferência, dogmático, embasado na Bíblia e nas obras de Aristóteles e de Platão como as únicas fontes de conhecimento.



No método escolástico debatiam-se questões e opiniões, fundamentando-as com a razão e a retórica, sem uso da Matemática. Ficou famosa a questão "*Quantos anjos podem dançar na cabeça de um alfinete?*" e suas variantes, tal como aparece na *Summa Theologica* (ca. 1270) de Tomás de Aquino.

Com o avanço do capitalismo urbano, houve a necessidade de pessoas habilitadas para a função pública, o que contribuiu para a ascensão do [Humanismo renascentista](#) (http://pt.wikipedia.org/wiki/Humanismo_renascentista), com sua veneração à Antiguidade Clássica, expandindo-se de Florença para toda a Europa, entre os séculos XIV e XVI, com sua valorização

- do Humanismo, em oposição à Teologia;
- do ensino de artes liberais, em oposição à Escolástica;
- do Homem em oposição a Deus;
- das línguas vernáculas, em oposição ao latim eclesial;
- a livre circulação da informação, em oposição ao centralismo da Igreja;
- e até da tipografia [uncial](#) (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Uncial>), em oposição à [gótica](#) (http://pt.wikipedia.org/wiki/Letra_g%C3%B3tica) (ou escolástica) medieval.



Com o desenvolvimento do capitalismo, muitos burgueses enriqueceram e tornaram-se [mecenas](#) (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Mecenato>), patrocinando artistas, literatos e atividades artísticas e culturais em geral. Segundo Roque (2012),

"Os humanistas eram, em sua maioria, autodidatas que trabalhavam fora das universidades, sob o regime de mecenas, e por isso, não aderiram ao espírito escolástico. [...] Muitos humanistas eram matemáticos da corte e alternavam suas atividades de ensino, ou literárias, com funções políticas" (ROQUE, 2012, p. 296).

Filopono (490-570)

[Joannes Philoponus](#) (http://pt.wikipedia.org/wiki/Filopono_de_Alexandria,_Jo%C3%A3o) (do grego *Philoponus*, amante da labuta), também conhecido como João, o Gramático, foi um filósofo cristão e neoplatônico grego nascido na Alexandria, norte do Egito. Foi, talvez, o primeiro a rejeitar idéias básicas de Aristóteles. Escreveu cerca de 40 livros sobre Teologia e Filosofia.

Rejeitou a *antiperistasis* e o motor interno de Aristóteles, propondo, em seu lugar, a ideia do *impetus*, propriedade semelhante ao 'impulso', infusa no objeto quando do seu lançamento e responsável pela continuação de seu movimento, comparável ao calor que se infunde e acompanha um objeto que tocou uma fonte de calor.

No entanto, sua crítica a Aristóteles foi tão radical que foi negligenciada pelos Escolásticos e ignorada por séculos até o século XIV, quando Buridan as retomou e desenvolveu.

Jean Buridan (1300-1358)



[Buridan](#) (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Buridan>) foi um sacerdote francês. Foi aluno de Ockham.

Foi um dos mais importantes filósofos da Idade Média.

Desenvolveu a teoria do *impetus* de Filopono, predecessora do conceito da inércia.

Teoria do *impetus*

O *impetus* pode ser entendido como a impressão de um poder de auto-movimento.

Buridan - Teoria do Impetus

Segundo essa teoria, a trajetória do projétil teria três fases:

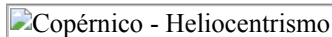
1. **movimento puramente violento, em linha reta**, na direção em que o motor o colocou em movimento. **O impetus infuso supera o peso natural** do projétil (trecho A B na figura);
2. **movimento misto violento e natural, em trajetória curva para baixo**. **O ímpeto do projétil é continuamente enfraquecido** por causa da resistência do ar e por causa do peso do projétil (trecho B C na figura);
3. **movimento puramente natural, verticalmente para baixo**. **O ímpeto está esgotado** (trecho C D na figura).

Renascimento

Nicolau Copérnico (1473-1543)

Jean Buridan

Como vimos na aula [Realismo e Empirismo \(aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-6-racionalismo-e-empirismo-1.html\)](#), **Copérnico** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Cop%C3%A9rnico>) superou a mera **acumulação de dados** astronômicos e ajustes no modelo Ptolomaico e propôs um novo modelo, **heliocêntrico** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Heliocentrismo>), uma explicação mais plausível para as observações.

Copérnico - Heliocentrismo

Vimos também que, segundo Roque (2012),

"antes de 1580 quase nenhum astrônomo acreditava que o modelo de Copérnico pudesse representar a estrutura física do cosmos. [...] até os anos 1570, quando as observações realizadas por Tycho Brahe abriram novas possibilidades. Somente por volta de 1600 os astrônomos europeus pareciam estar preparados para aceitar a realidade física do sistema heliocêntrico" (ROQUE, 2012, p. 294-295).

Classicismo

"O Classicismo produziu obras que retratam um universo harmônico, onde as leis matematizáveis da natureza regulam todo o seu funcionamento." (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006)

Newton - Machina Mundi

Renascimento (sec. XIII-XVI)

O homem **medieval** via em **Deus** a razão de todas as coisas.

Os **renascentistas** acreditavam no **poder humano** de julgar, de criar e construir.

O Renascimento caracteriza-se por **enormes progressos** nas artes, nas leis e nas ciências.

Ideais renascentistas:

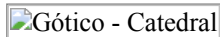
- Antropocentrismo
- Hedonismo
- Racionalismo
- Otimismo
- Individualismo
- valorização do abstrato, do objetivo
- visão de mundo clássica e humanista
- ruptura com o medieval
- dessacralização do religioso

Artistas renascentistas

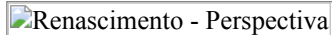
- Leonardo da Vinci,
- Michelangelo,
- Botticelli,
- Rafael,
- El Greco,

- Donatello,
- Bramante,
- etc.

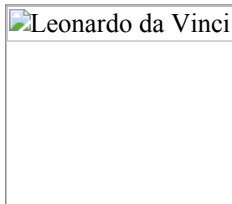
Arquitetura Gótica: catedrais: homem dominado pelo espaço, olhar para cima, em busca de Deus



Arquitetura Renascentista: perspectiva: homem domina o espaço, olhar para a frente, para o futuro brilhante que aguarda o Homem e é construído por ele.



Leonardo da Vinci (1452-1519)



Leonardo da Vinci (http://pt.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci) foi pintor, escultor, arquiteto, físico, engenheiro, botânico e músico do Renascimento Italiano.

Foi considerado um dos maiores gênios da história da Humanidade, embora sem nenhum estudo formal na maioria dessas áreas, com um QI estimado entre 180 e 220.

Leonardo foi aluno e amigo de **Luca Pacioli** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Luca_Pacioli), de quem ilustrou o famoso livro *De Divina Proportione* que tratava da proporção ideal, conhecida como **Razão Áurea** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Propor%C3%A7%C3%A3o_%C3%A1urea).

Seu **Homem vitruviano** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Homem_Vitruviano), baseado na obra de **Marcus Vitruvius Pollio** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Marco_Vitruvio_Poli%C3%A3o), arquiteto e engenheiro romano do séc. I a.C., tornou-se um símbolo da Renascença e, também, um ícone da cultura pop, tendo sido reproduzido de inúmeras formas, desde o euro até em camisetas.



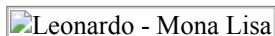
Assim, segundo Vitruvius, as proporções ideais de um ser humano devem ser:

- sua altura deve ser igual a 4 antebraços, 10 mãos ou 4 ombros
- o antebraço deve medir 6 palmos
- o pé deve medir 4 palmos
- o palmo deve medir 4 dedos
- etc.


Produção

Leonardo, na verdade, teve poucas obras acabadas, mas dentre as mais famosas do mundo!

Mona Lisa (http://pt.wikipedia.org/wiki/Mona_lisa)



A Última Ceia (http://pt.wikipedia.org/wiki/A_%C3%9Altima_Ceia)



A Virgem das Rochas (http://pt.wikipedia.org/wiki/A_Virgem_das_Rochas)



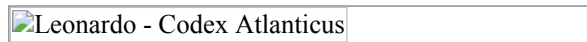
Invenções

Leonardo deixou cadernos com mais de 13 mil páginas de notas e desenhos fundindo Arte e Ciência, incluindo esboços de

- salva-vidas,
- bicicleta,
- pára-quedas,
- planador,

- helicóptero,
- submarino,
- canhões,
- tanque,
- pontes,
- fortalezas
- etc.

As folhas desses cadernos dispersaram-se em códices em várias bibliotecas e museus do mundo, alguns deles disponíveis **online** (http://www.bl.uk/collections/treasures/leonardo/leonardo_broadband.htm?top). Dentre eles, o *Codex Atlanticus* e o *Codex Leicester*, o único em mãos privadas, propriedade de Bill Gates, que é exibido apenas uma vez por ano em diferentes cidades do mundo.



Anatomia

Leonardo participou em autópsias, fez desenhos do esqueleto, músculos, nervos e vasos para produzir melhores pinturas. Geralmente completava suas ilustrações com esboços anatômicos.

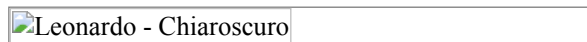


Sfumato

Sfumato (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Sfumato>) é uma técnica aperfeiçoada por Leonardo que consiste em sucessivas camadas de cor em gradações sutis, **dando a sensação de profundidade**, forma e volume. Passou a ser uma técnica universal, um conhecimento básico em pintura.



Chiaroscuro (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Chiaroscuro>) é outra técnica criada por Leonardo, uma forma de **perspectiva tonal**. O volume tridimensional é sugerido por luzes e sombras fortemente contrastantes. Foi **muito usada por Caravaggio**, como se verá **a seguir (#Caravaggio 1571-1610)**.



Perspectiva

Perspectiva (http://pt.wikipedia.org/wiki/Perspectiva_%28gr%C3%A1fica%29) é uma **técnica geométrica de representação da profundidade no plano**. Integra cor, luz, forma e espaço. Tendo por base a projeção cônica de *Ibn Al-Haitham* (mais conhecido pelo seu nome latinizado **Alhazen** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Alhazen>), como vimos na aula **História da Epistemologia (aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-5-historia-da-epistemologia-1.html)**), foi redescoberta por **Brunelleschi** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Bruneleschi>), arquiteto e escultor florentino renascentista.



Ela satisfaz o **objetivo renascentista de precisão** solicitado pelas ciências e **substitui a hierarquia simbólica** que era **representada pelos diferentes tamanhos relativos dos personagens**, técnica usada desde os egípcios.



Segundo Edgerton (1995), no entanto, "**não há nenhuma naturalidade na representação espacial a partir da perspectiva**. De fato, a Perspectiva foi tema de interesse Ocidental, "**a utilização desta é fruto da cultura européia ocidental**. A **Arte Oriental a dispensou** até o sec. XIX.

De fato, "**os chineses não conseguiram, em um primeiro momento, reproduzir a perspectiva ocidental. Eles não conseguiram 'ler' os desenhos ocidentais, pois não trabalhavam com as particularidades da perspectiva geometrizada.**" (Edgerton, 1995)

Segundo Woortmann (1996), tanto na Ciência como na Arte, ocorreu uma nova concepção de natureza.

"A concepção tradicional era a do propósito: o propósito do Sol é o de gerar luz para os homens, o que explicava sua existência. Contra essa teleologia se manifestaram os pensadores do Renascimento e mais notadamente Galileu, com o novo significado de natureza: um nexos auto-regulado de eventos, obedecendo a suas próprias leis sem qualquer propósito para os humanos. Uma natureza desencantada." (WOORTMANN, 1996)

Para os pioneiros da pintura renascentista, alcançar um maior realismo implicava olhar a natureza, **distanciando-se**

de seus objetos; tomar um "ponto de vista" em sentido literal. A estratégia de *Distanzierung - reculer pour mieux sauter* [recuar para saltar melhor] - foi comum tanto a cientistas quanto a artistas. (WOORTMANN, 1996)

Segundo Reis, Guerra e Braga (2006),

"é importante salientar que a invenção da perspectiva e do claro-escuro foi extremamente importante, até mesmo crucial, para tornar possíveis as observações empíricas e os registros acurados que fundamentam a ciência moderna." (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006)

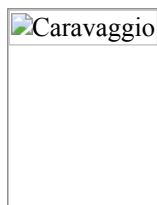
Segundo Reis, Guerra e Braga (2006), o conhecimento de desenho, especialmente do **chiaroscuro**, que Galileu adquiriu em Florença, lhe possibilitou **compreender a aparência da Lua melhor do que seus antecessores**.

Segundo esses autores, a geometrização da projeção das sombras pode lhe ter permitido perceber as irregularidades da superfície lunar, permitindo-lhe, **até mesmo, determinar a altura das montanhas lunares**, novamente valendo-se da perspectiva.

Com isso,

"a Lua representada por Galileu deixou de ser a imagem da perfeição – associada, no imaginário cristão, à Imaculada Conceição – e passou a ser mais um corpo celeste com características comuns, tal como a Terra." (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006)

Caravaggio (1571-1610)



A pintura de **Caravaggio** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Caravaggio>) era dramática, com fundo raso, escuro ou totalmente negro, com focos intenso de luz sobre os detalhes da cena em primeiro plano (rostos, corpos, etc.).

Utilizava uma variante da técnica de chiaroscuro chamada **tenebrismo** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tenebrismo>)

A Ceia de Emmaús (http://pt.wikipedia.org/wiki/A_Ceia_em_Ema%C3%BAs)



Madona e Menino Jesus com Serpente

(http://es.wikipedia.org/wiki/Madonna_con_el_ni%C3%B1o_y_Santa_Ana)



S. Mateus e o Anjo (http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Mateus_e_o_Anjo)

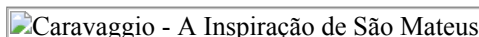
Atendendo a encomenda para decorar a **Igreja São Luis dos Franceses** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Igreja_S%C3%A3o_Luis_dos_Franceses), em Roma, esta primeira versão foi contundentemente rejeitada por retratar um **São Mateus homem do povo**, com **pés sujos, segurando com dificuldade a caneta** nas mãos pouco habituadas, **necessitando do auxílio do anjo**. Infelizmente, esta versão foi destruída na Segunda Guerra Mundial.



A Inspiração de São Mateus

(http://pt.wikipedia.org/wiki/A_Inspira%C3%A7%C3%A3o_de_S%C3%A3o_Mateus)

Esta segunda versão, muito idealizada, foi aceita.



Deposição de Cristo (http://es.wikipedia.org/wiki/El_entierro_de_Cristo)

Nesta obra, Caravaggio representou um **Cristo atlético**, o que chocou seus contemporâneos.




A morte da virgem (http://es.wikipedia.org/wiki/Muerte_de_la_Virgen_%28Caravaggio%29)

Nesta obra, Caravaggio chocou seus contemporâneos **por utilizar uma prostituta que havia morrido afogada como modelo** para o rosto da virgem.



Veja também esta página:

 vídeo sobre Caravaggio


[vídeo sobre Caravaggio, pioneiro do Barroco \(video-historia-da-fisica-biografia-caravaggio.html\)](http://www.fisica-interessante.com/aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-7-galileu-newton-fisica-1.html)

Georgius Agricola (1494-1555)

 Georgius Agricola

Agricola (http://pt.wikipedia.org/wiki/Georgius_Agricola) é considerado o pai da geologia como ciência.

Gerolamo Cardano (1501-1576)

 Gerolamo Cardano

Cardano (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Cardano>) (também grafado como Jérôme Cardan, Hieronymus Cardanus, Dzhirolamo Kardano, etc.) foi um médico, físico e matemático italiano.

Cardano foi o iniciador da teoria das **equações algébricas** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%A3o>).

Criou o **sistema de transmissão com eixo cardã** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Eixo_card%C3%A3), utilizado até hoje em motocicletas e veículos 4×4.

Foi, também, o primeiro a descrever clinicamente a **febre tifóide** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Febre_tif%C3%B3ide).

Cardano publicou (apropriando-se de) o método de **Scipione del Ferro** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Scipione_del_Ferro) e **Tartaglia** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Niccol%C3%B2_Tartaglia) p/ resolver a **equação algébrica de 3º grau** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%A3o_c%C3%BAbica).

Em 1550, discutiu em seu livro *De Subtilitate* as diferenças entre forças elétricas e forças magnéticas.

Tycho Brahe (1546-1601)

 Tycho Brahe

Tycho (http://pt.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe) foi um nobre e astrônomo e alquimista dinamarquês. Foi o astrônomo imperial de **Rodolfo II** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Rodolfo_II_da_Germ%C3%A2nia), imperador do **Sacro Império Romano-Germânico** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Sacro_Imp%C3%A9rio_Romano-Germ%C3%A2nico), rei da Boêmia e rei da Hungria.

Tycho foi o último dos grandes astrônomos a praticar **astronomia óptica, sem telescópio**. Apesar disso, obteve dados precisos a 1/60 de grau. Seus resultados eram acurados, pois fazia a média de **medições repetidas**, procedimento inovador para a época. **Forneceu dados astronômicos para Kepler**.

Tycho foi um dos seus primeiros utilizadores dos logaritmos, inventados por **Napier** (http://pt.wikipedia.org/wiki/John_Napier), que simplificaram os cálculos manuais, bem como da **trigonometria esférica** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Trigonometria_esf%C3%A9rica), como veremos na aula **A Revolução na Matemática (aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-10-revolucao-matematica-1.html)**.

A Supernova de 1572

Em 1572, Tycho observou uma **nova estrela** (http://es.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe#La_estrella_de_Tycho) na constelação de Cassiopéia, hoje conhecida como SN1572. Chamou-a de **nova**, cunhando o termo, usado até hoje.

 Tycho - A Supernova de 1572

Da mesma forma, mostrou que os cometas não são meros fenômenos atmosféricos, como se pensava antes. Essa descoberta abalou a fé na doutrina cristã-aristotélica da perfeição e imutabilidade da esfera celeste. **O céu muda!**

No fim da vida, foi ajudado por Kepler (vide adiante), a quem, após muita insistência deste, legou seus dados sobre a órbita de Marte, ciumentamente guardados.

Em sua homenagem, há a cratera **Tycho** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Tycho_%28cratera%29) na Lua, a cratera (http://es.wikipedia.org/wiki/Tycho_%28cratera%29) **Tycho Brahe** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe_%28cratera%29) em Marte e o (http://es.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe_%28cratera%29) **Planetário Tycho Brahe** (http://http://en.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe_Planetarium), em Copenhague.

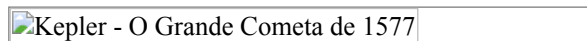
Johannes Kepler (1571–1630)



Kepler (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Kepler>) foi matemático, astrônomo e astrólogo alemão luterano.

O Grande Cometa de 1577

Aos seis anos de idade, observou o **Grande Cometa de 1577** (http://es.wikipedia.org/wiki/Gran_Cometa_de_1577), o que despertou-lhe o amor à Astronomia que lhe acompanhou por toda a vida.



Astrologia

Como tantos filósofos naturais da sua época, fazia horóscopos para clientes ricos para sobreviver. Nessa época, não se separava a Astrologia da Astronomia.

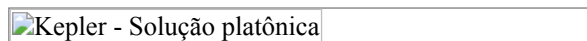


Sistema planetário

Kepler considerava o *Harmonices Mundi* (http://pt.wikipedia.org/wiki/Harmonices_Mundi) (A Harmonia do Mundo, 1619) seu maior trabalho, que foi, também, **a primeira defesa publicada do sistema de Copérnico**. Nele, relata suas descobertas sobre o conceito de congruência com relação a diversas categorias do domínio físico: regularidades em geometria tridimensional, as relações entre diferentes espécies de magnitude, os princípios da harmonia na música e da organização do Sistema Solar. Na última seção do livro, relata sua descoberta da então chamada **Terceira Lei** do movimento planetário.

Enquanto filósofos desde **Pitágoras** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Pit%C3%A1goras>) falavam da **música das esferas**, Kepler procurava harmonias físicas no movimento planetário. Por exemplo, a velocidade angular máxima da Terra medida a partir do Sol varia em um **semitom** (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Semitom>) (proporção de 16:15), de mi para fá, enquanto Venus varia muito pouco, 25:24.

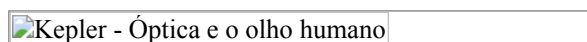
Ele descobriu que cada um dos cinco sólidos platônicos poderiam ser unicamente inscritos e circunscritos por órbitas esféricas; encaixando estes sólidos, cada um envolto em uma esfera, uma dentro da outra, produziria seis camadas, correspondentes aos seis planetas conhecidos, Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno, que, dentro dos limites de precisão das observações astronômicas, disponíveis à época, aproximavam bem os raios relativos das órbitas de cada planeta, assumindo que os planetas circulassem o Sol.



Kepler constatou que a maior discrepância ocorria na relação entre Marte e Júpiter, **como se 'faltasse' um planeta** nos cálculos de Kepler. Curiosamente, é nessa região que existe o **cinturão de asteróides** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Cintura_de_asteroides), o qual só foi descoberto em 1801.

Óptica

Kepler também estudou Óptica e o olho humano.



Marte retrógrado

De um ponto de vista na Terra, quando Marte se aproxima da oposição ao Sol, ele começa um período de movimento retrógrado, o que significa que vai parecer se mover para trás em um movimento de *looping* com relação às estrelas de fundo.



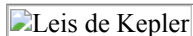
A duração deste movimento retrógrado dura cerca de 72 dias e Marte atinge o seu pico de luminosidade no meio deste movimento.



fonte: Wikipédia. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Apparent_retrograde_motion_of_Mars_in_2003.gif.

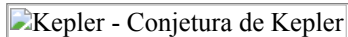
Para investigar esse problema, Kepler precisava muito dos precisos dados de Tycho Brahe que, só após muita insistência, legou seus dados ciumentamente guardados.

Inicialmente, Kepler tentou ajustar a órbita de Marte a uma circunferência mas não conseguiu. Teve de abandonar as 'perfeitas' órbitas circulares e supor órbitas elípticas, as quais, finalmente, deram certo. E, sobre elas, afinal, conseguiu formular suas famosas **três leis** (http://pt.wikipedia.org/wiki/Leis_de_Kepler), publicadas em seu *Astronomia Nova*, de 1609.



Conjetura de Kepler

Kepler também estudou a teoria atômica e o efeito de 'empacotamento'.



Cratera Kepler

Em sua homenagem, há a cratera Kepler e o asteroide Kepler.



([aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-7-galileu-newton-fisica-2.html](#)) Continue conhecendo as contribuições de Galileu e Newton para a Ciência.

Voltar à [Parte Anterior \(aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-6-racionalismo-e-empirismo-2.html\)](#)

Voltar a [Minhas Aulas \(http://www.fisica-interessante.com/aulas.html\)](http://www.fisica-interessante.com/aulas.html).

Voltar ao [começo desta página \(#TOP\)](#)

Voltar à [página principal de Física Interessante \(http://www.fisica-interessante.com\)](#)

Link para esta página:

7 - As Contribuições de Galileu e Newton - Parte 1

(<http://www.fisica-interessante.com/aula-historia-e-epistemologia-da-ciencia-7-galileu-newton-fisica-1.html>)