Semana temática da Biologia 2022

Adaptações, jeitinhos e gambiarras na evolução

Sergio Russo Matioli
Departamento de Genética e
Biologia evolutiva
IB - USP

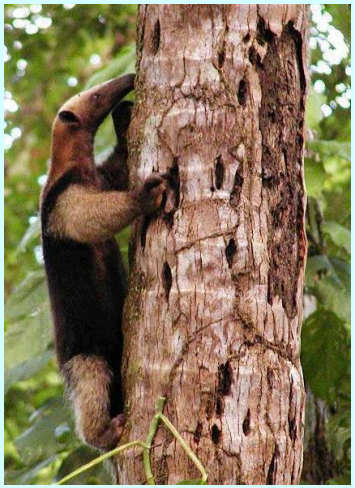
Adaptações









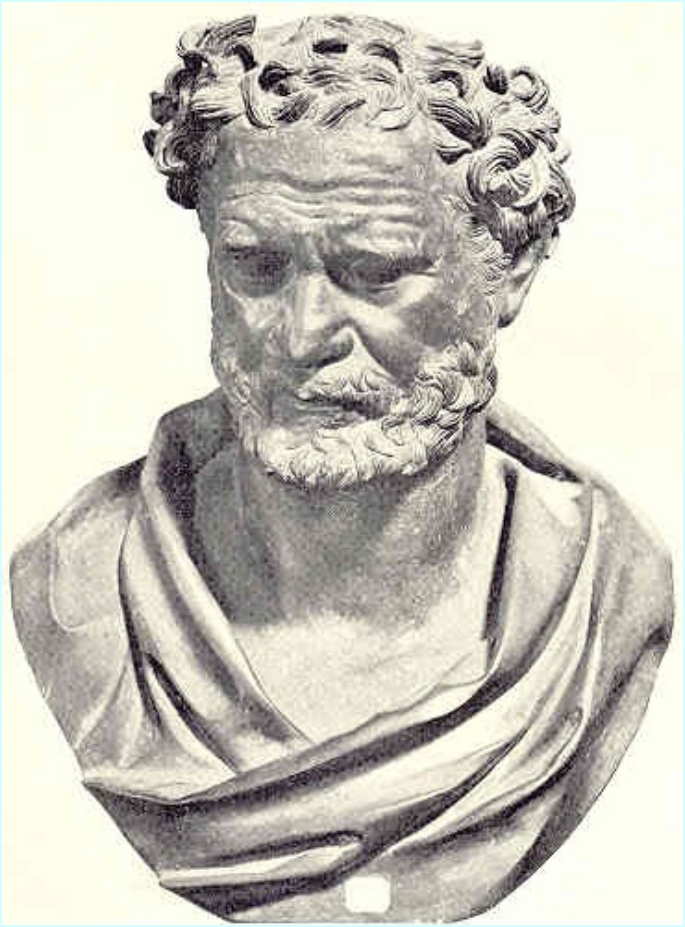




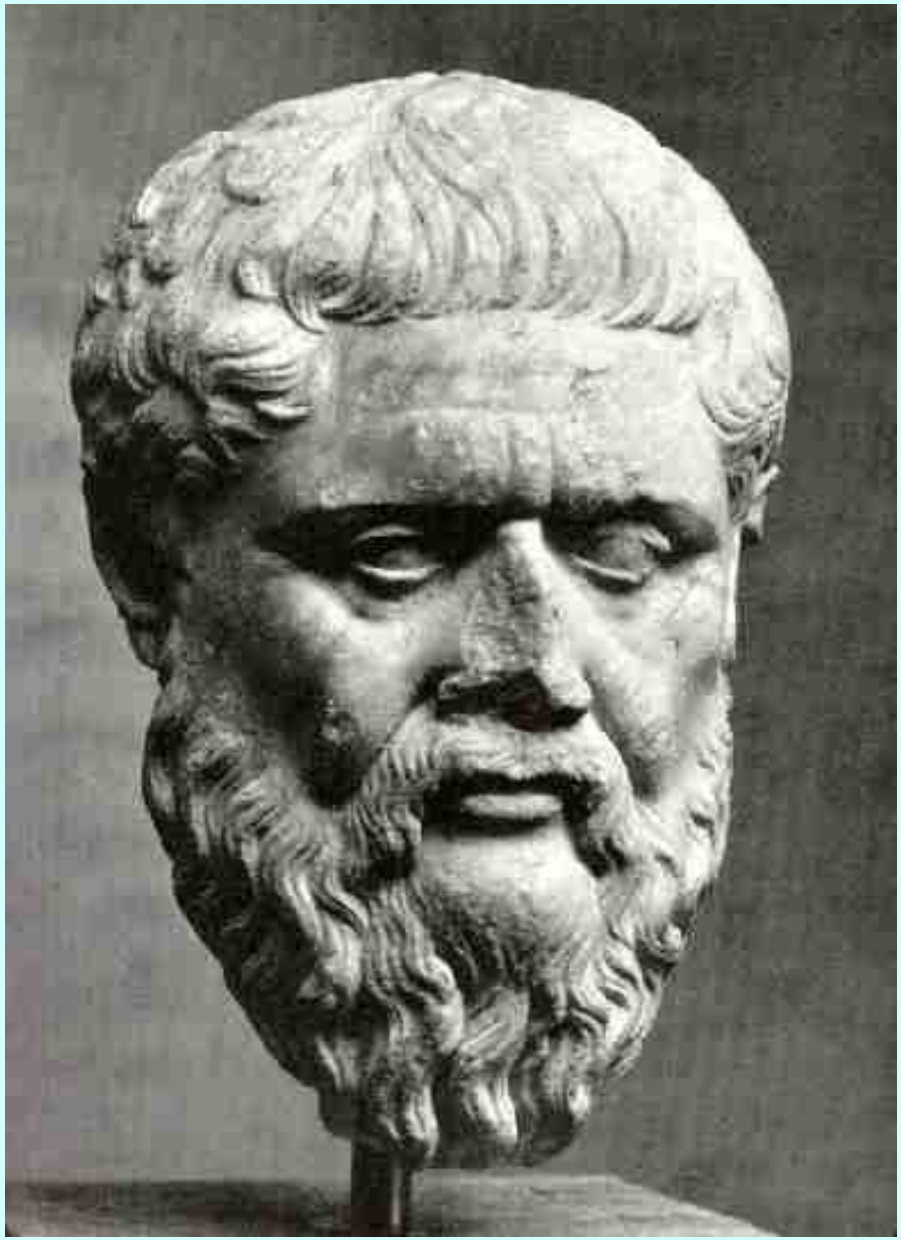
Adaptações

O fato de que os organismos estão adaptados aos seus ambientes é reconhecido pelos filósofos desde há muito tempo e antecede, em muitos séculos, o trabalho de Darwin. Havia dois tipos de explicações: aquelas baseadas em propósito (Aristóteles, p. ex.) e aquelas baseadas em combinações de elementos mais primordiais (Empédocles, p. ex.)

Demócrito (~460-~360 A.C.)



(Δημόκριτος - Demokritos) de Abdera, filósofo grego que adotou a visão atomista de seus mestres. Segundo Demócrito, tudo no Universo é fruto do acaso e da necessidade.



Platão 424-347 A.C.)

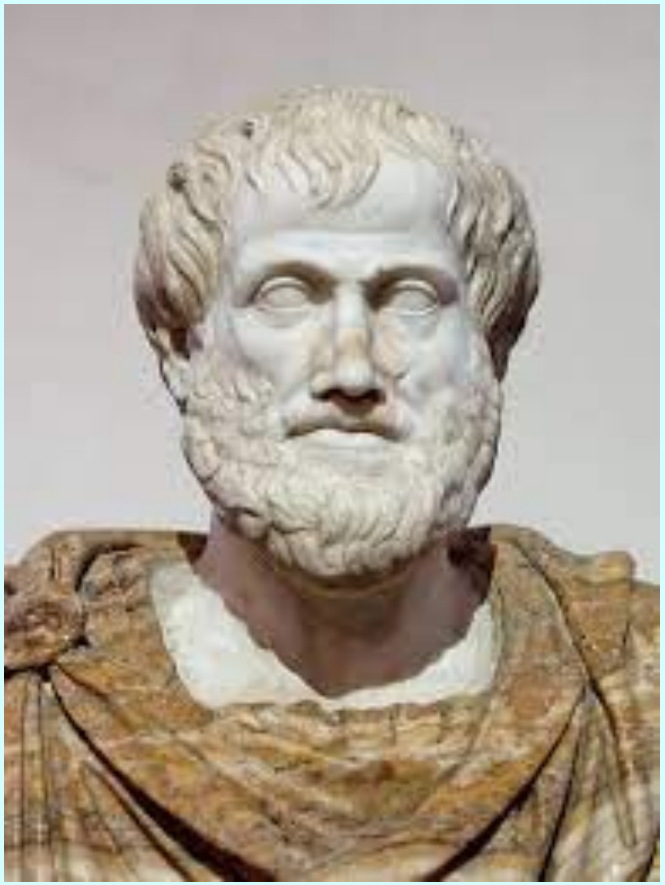
(Πλάτων, Plátōn) Filósofo grego dos mais influentes, de formação geometrista, propôs que as coisas do mundo real eram registros imperfeitos do mundo ideal, onde tudo seria resultado de combinações de formas perfeitas, de essência geométrica.

De “ O mundo de Sofia”, de Jostein Gaarder

Por que todos os cavalos são iguais, Sofia? Talvez você ache que eles não são iguais. Mas existe algo que é comum a todos os cavalos; algo que garante que nós jamais teremos problemas para reconhecer um cavalo. Naturalmente, o “exemplar” isolado do cavalo, este sim “flui”, “passa”. Ele envelhece e fica manco, depois adoece e morre. Mas a verdadeira “forma do cavalo” é eterna e imutável. (…)

Platão acreditava numa realidade autônoma por trás do “mundo dos sentidos”. A esta realidade ele deu o nome de mundo das ideias. Nele estão as “imagens padrão”, as imagens primordiais, eternas e imutáveis, que encontramos na natureza. Esta notável concepção é chamada por nós de “a teoria das ideias de Platão”.

Aristóteles (384-322 A.C.)



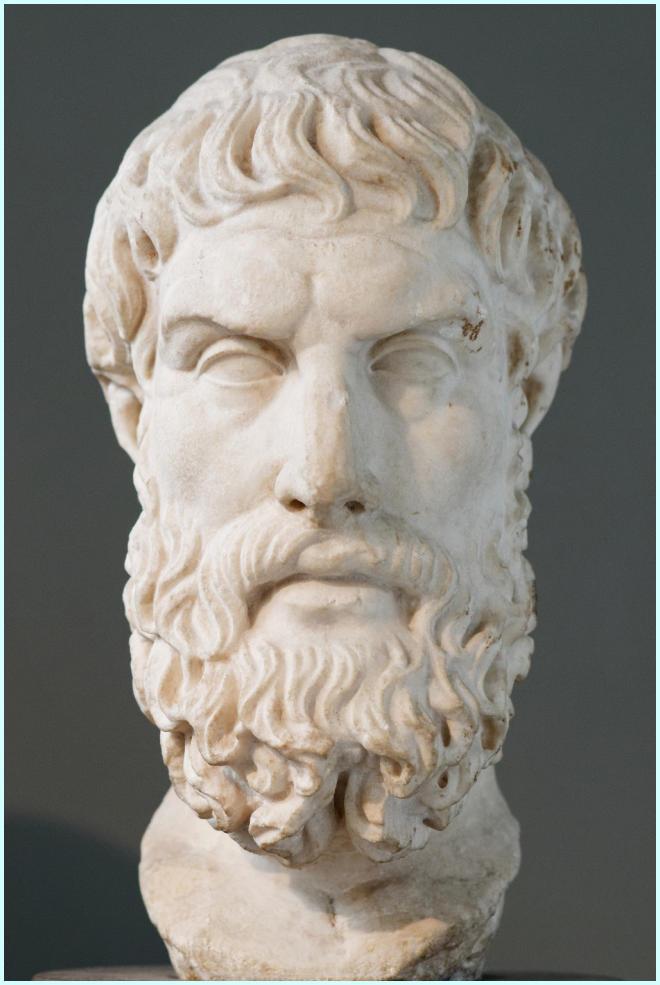
(Ἀριστοτέλης, Aristotélēs, de Stagirus) Discípulo de Platão, considerado um dos fundadores da História natural, imagina a Natureza como uma grande cadeia de complexidade. Formulou o princípio do indutivismo (empirismo). Defendeu a ideia da geração espontânea em certos organismos, que fez parte do senso comum por milhares de anos. Considerava também possível a herança dos caracteres adquiridos.

"Empédocles disse que a maior parte dos membros de animais foi gerada por acaso... O que impede então que as partes na Natureza também tenham surgido [da necessidade]? Por exemplo, que os dentes devam surgir a partir de necessidade, dentes da frente afiados e adaptados para dividir a comida, os molares largos e adaptados para quebrar os alimentos em pedaços. Pode dizer-se que eles não foram feitos para esta finalidade, mas que este arranjo intencional surgiu por acaso. O mesmo raciocínio pode ser aplicado a outras partes do corpo, em que algum efeito na subsistência é evidente. Afirma-se que todas as coisas aconteceram como se tivessem sido feitos para alguns fins, sendo adequadamente unidos por acaso, *estas foram preservadas*, *mas*, *aquelas que não foram perderam-se ou pereceram*, como aquilo que Empédocles disse a respeito de touros com cabeças humanas."

Aristóteles, trecho de “Física”

http://ebooks.gutenberg.us/Alex_Collection/aristotle-physics-88.htm, trad. livro 2, pag.8

Lucrécio (~99-~55 A.C.)



Titus Lucretius Carus, poeta e filósofo romano. Conhecido por seu poema épico filosófico “*De Rerum Natura*” (“Sobre a natureza das coisas”).

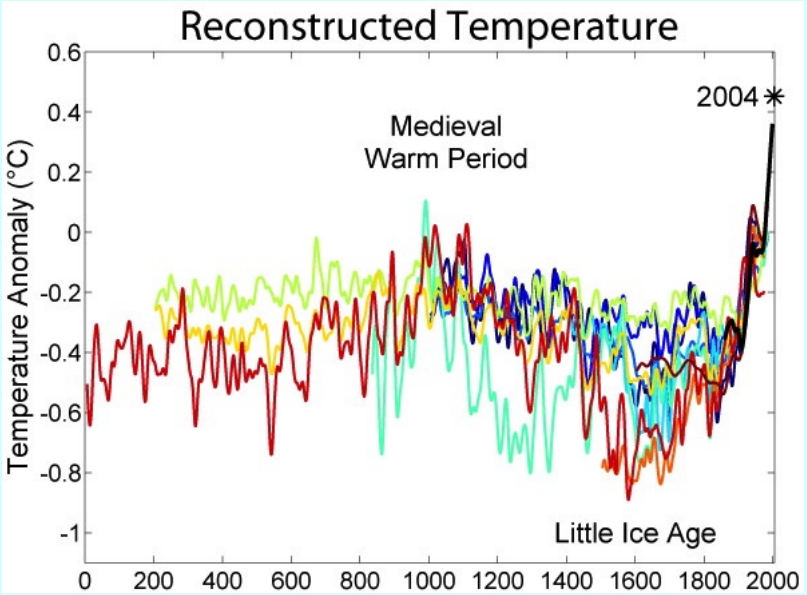
Lucrécio

“Não é por certo em virtude de um plano determinado que os átomos se juntaram por uma certa ordem, ou combinaram entre si com exatidão os movimentos que teriam. Mas, depois de terem sido mudados de mil modos diferentes através de toda a imensidão e terem sofrido pelos tempos eternos toda a espécie de choques, depois de terem experimentado todos os movimentos e combinações possíveis, chegaram finalmente a disposições tais que foi possível constituir-se tudo que existe.
Continuamente se renova o Universo e vivem os mortais de trocas mútuas. Algumas espécies aumentam, outras diminuem e, em breve espaço, se substituem as gerações de seres vivos e, como os corredores, passam o facho da vida uns aos outros."

Lucrécio, *appud* Rubens Antonio, História geológica da Bahia, 2012.



A Idade Média (476-1453)



Santo Tomás de Aquino (1225-1274)



Tommaso d'Aquino, frade italiano, filósofo e teólogo dos mais influentes, escreveu "*Summa Theologiae*" (Suma Teológica). Aceitava a geração espontânea de diversos organismos e argumentou sobre os seres vivos como uma das vias que provariam a existência de Deus.

Al Jahiz (~776-~868)



Abu Uthman Amr Ibn Bakr Al Kinani Al Fuqaimi Al Basri Al Jahiz nasceu em Basra, no atual Iraque. Foi um intelectual bastante produtivo em diversas áreas. No seu famoso “Kitab al-Hayawan”, “Livro dos animais”, Al Jahiz chegou a mencionar a “luta pela sobrevivência”, um dos pilares do princípio de seleção natural.

http://www.islam.org.br/al_jahiz.htm

Leonardo da Vinci (1452-1519)



Pintor, escultor, cientista e inventor italiano, chegou a ser considerado o maior gênio de todos os tempos. Comentou sobre a impossibilidade de que os fósseis de organismos marinhos encontrados em montanhas terem sido originados a partir do dilúvio bíblico. Entretanto, não formou uma escola com seguidores de suas ideias.

Página do livro de notas de da Vinci com suas considerações sobre fósseis.



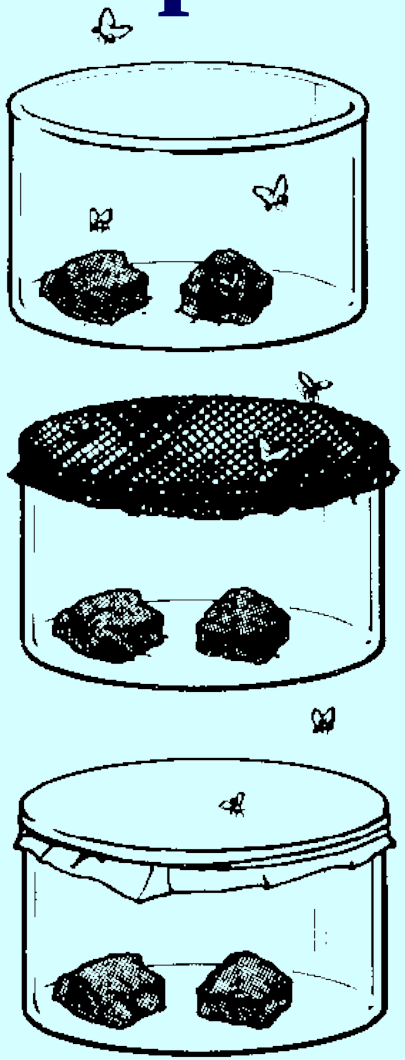
Codex Leicester, coleção particular de Bill Gates

Francesco Redi (1626-1697)



Médico italiano, mostrou, através de experimentos, que não haveria geração espontânea de insetos conforme acreditado anteriormente.

Experimento de Redi (1668)

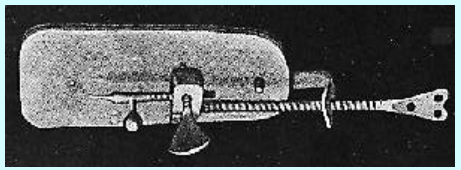


1. Frasco com carne deixado aberto	Larvas
1. Frasco com carne coberto com gaze	Larvas
1. Frasco com carne coberto com papel	Sem Larvas

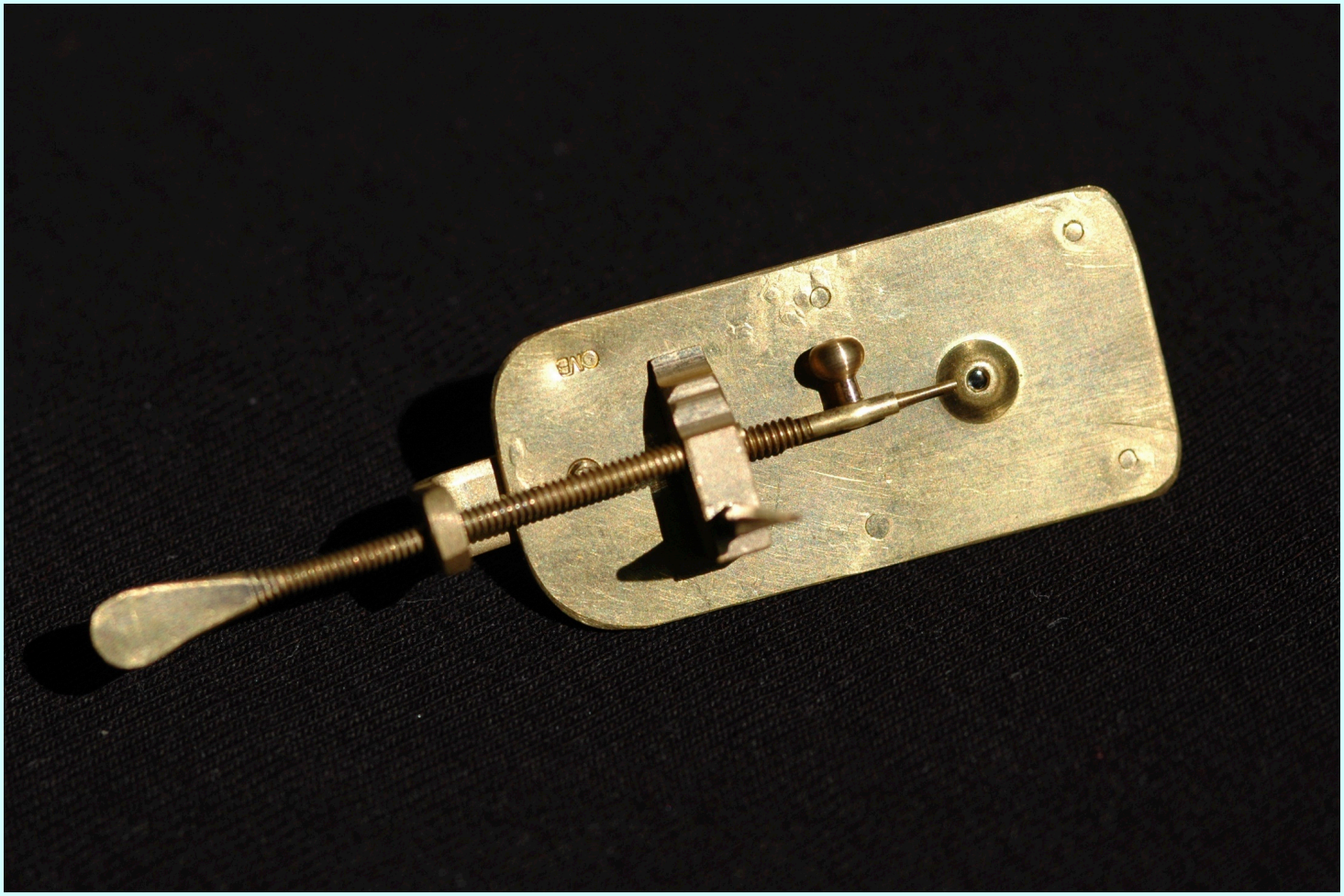
Anton van Leeuwenhoek (1632-1723)



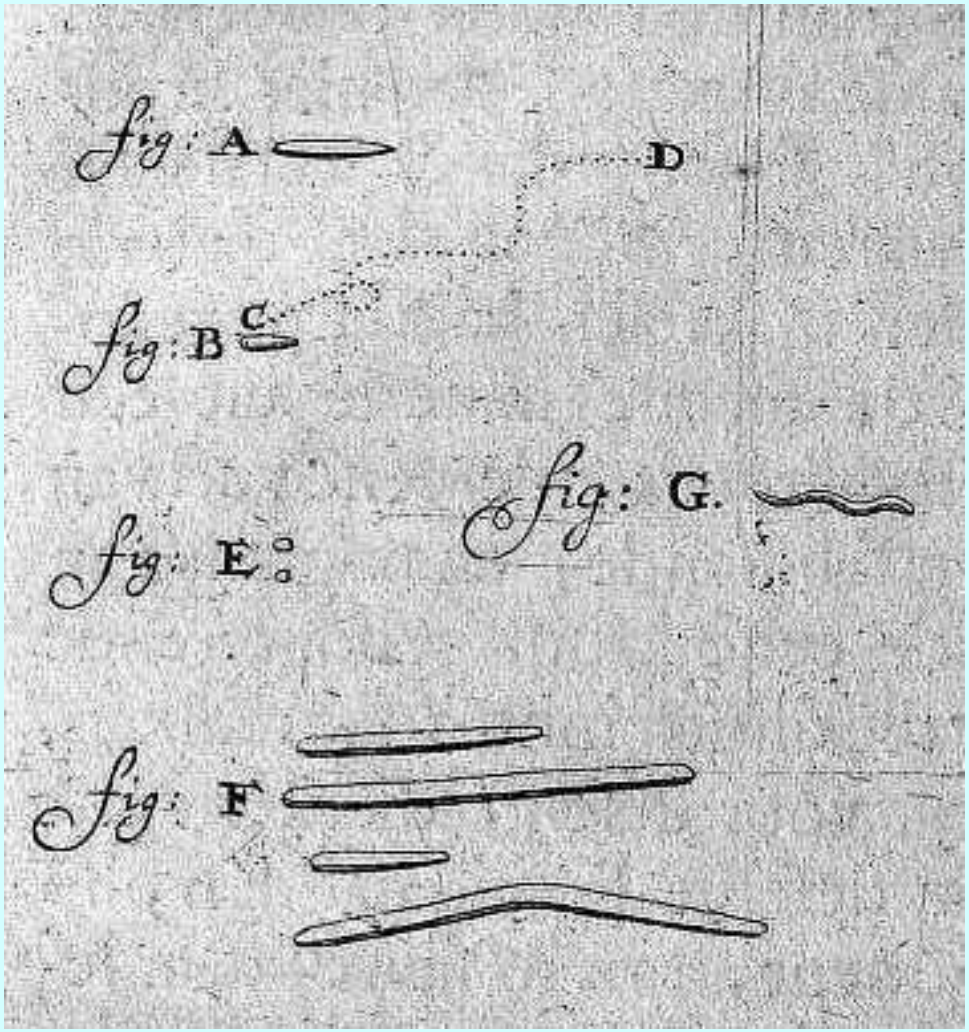
Comerciante holandês muito curioso, desconhecedor das teorias vigentes, descobriu as bactérias, protozoários, células do sangue, e muitos outros organismos microscópicos. Vendia microscópios de única lente tal como esse abaixo:



Microscópio de Leeuwenhoek



Primeiro desenho de bactérias, de Leeuwenhoek



Malpertuis (1698-1759)



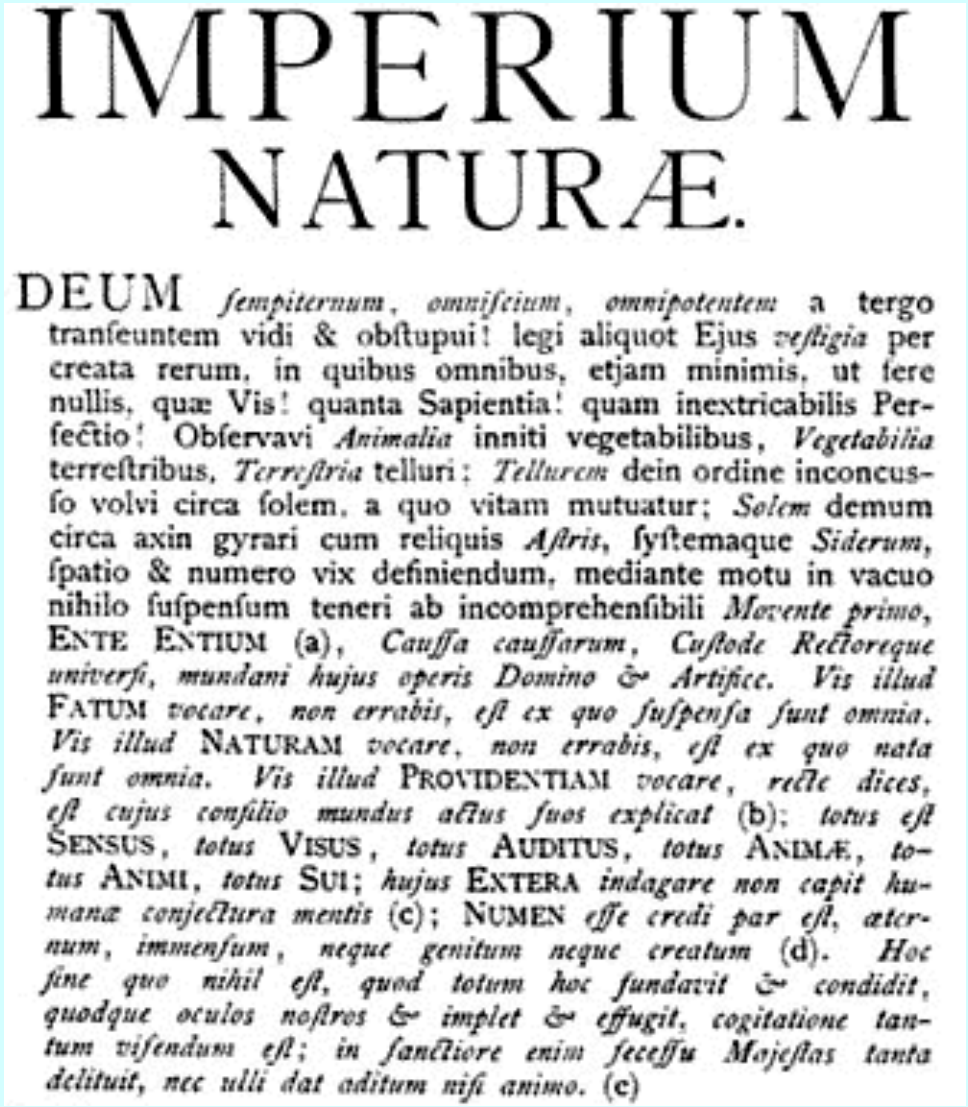
Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, matemático, filósofo e literato francês, admitido na Academia de Ciências francesa em 1723 acabou tornando-se seu diretor em 1742. Admitiu a herança de caracteres adquiridos e propôs a teoria dos pangenes, corpúsculos espalhados pelo corpo responsáveis pela hereditariedade. Foi crítico da Teologia natural.

Lineu (1707-1778)



Carolus Linnæus ou Carl von Linné, naturalista sueco, escreveu a obra “Systema naturae” (1735), lançando um sistema de classificação que é, grosso modo, empregado até hoje. É considerado como um dos ícones do fixismo.

Lineu. Sobre Deus no "Systema naturae"



IMPERIUM
NATURÆ.

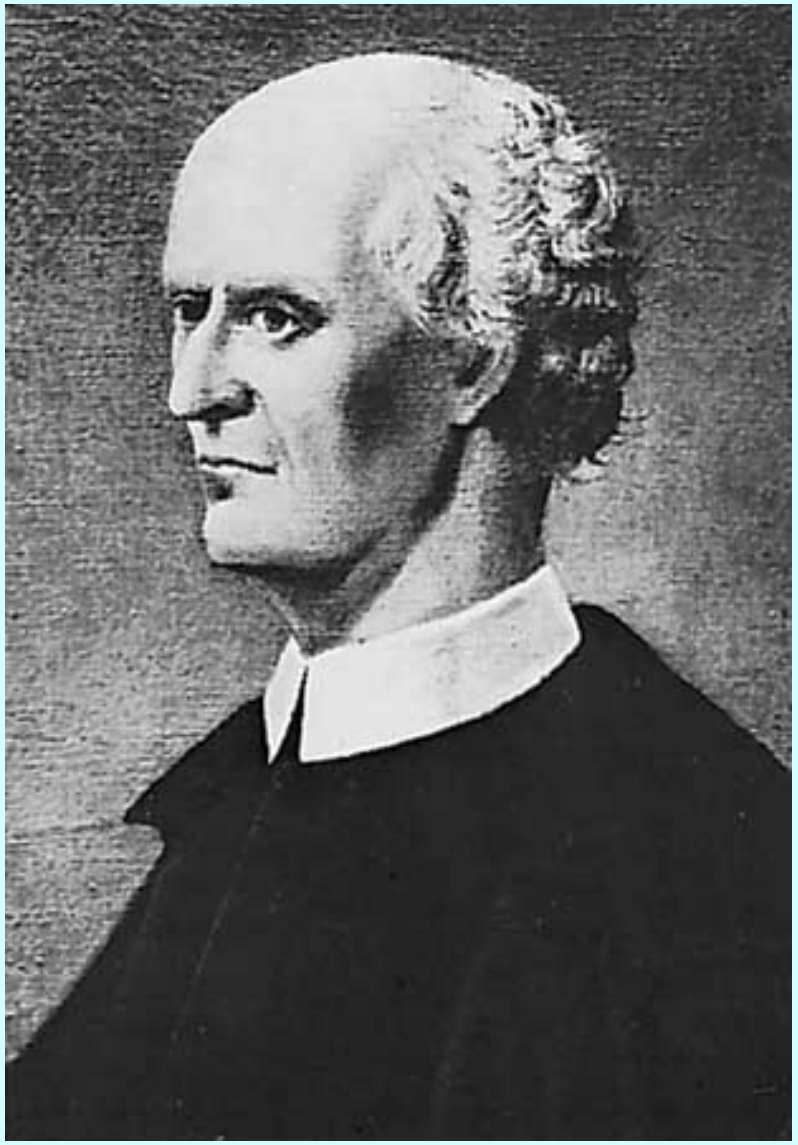
DEUM *ſempiternum, omniſcium, omnipotentem* a tergo tranſeuntem vidi & obſtupui! legi aliquot Ejus *veſtigia* per creata rerum, in quibus omnibus, etjam minimis, ut fere nullis, quæ Vis! quanta Sapientia! quam inextricabilis Perfectio! Obſervavi *Animalia* inniti vegetabilibus, *Vegetabilia* terreſtribus, *Terreſtria* telluri; *Tellurem* dein ordine inconcuſſo volvi circa ſolem, a quo vitam mutuatur; *Solem* demum circa axin gyrari cum reliquis *Aſtris*, ſyſtemaque *Siderum*, ſpatio & numero vix definiendum, mediante motu in vacuo nihilo ſuſpenſum teneri ab incomprehenſibili *Movente primo*, ENTE ENTIUM (a), *Cauſſa cauſſarum, Cuſtode Rectoreque univerſi, mundani hujus operis Domino & Artifice. Vis illud* FATUM *vocare, non errabis, eſt ex quo ſuſpenſa ſunt omnia. Vis illud* NATURAM *vocare, non errabis, eſt ex quo nata ſunt omnia. Vis illud* PROVIDENTIAM *vocare, recte dices, eſt cujus conſilio mundus actus ſuos explicat* (b); *totus eſt* SENSUS, *totus* VISUS, *totus* AUDITUS, *totus* ANIMÆ, *totus* ANIMI, *totus* SUI; *hujus* EXTERA *indagare non capit humanæ conjectura mentis* (c); NUMEN *eſſe credi par eſt, æternum, immenſum, neque genitum neque creatum* (d). *Hoc ſine quo nihil eſt, quod totum hoc fundavit & condidit, quodque oculos noſtros & implet & effugit, cogitatione tantum viſendum eſt; in ſanctiore enim receſſu Majeſtas tanta delituit, nec ulli dat aditum niſi animo.* (e)

Sobre Deus no "Systema naturae"

DEUM sempiternum, omniseium, omnipotentem expergetactus a ergo transeuntem vidi et obstupui. Legi aliquod ejus vestigia per creata rerum, in quibus omnibus, etiam in minimis ut fere nullis, quae vis! Quanta sapientia! Quam. inextricabilis perfectio!

"Eu vi Deus eterno, onisciente e onipotente atrás de mim e fiquei atônito. Eu reconheci os Seus passos nas coisas que Ele criou. Quanto poder há em toda a criação, mesmo nas criaturas mais infinitesimais! Quanta sabedoria! Quanta completa perfeição!"

Lazzaro Spallanzani (1729-1799)



Italiano, padre e professor universitário inicialmente de lógica, metafísica e grego, ministrou História Natural por muito tempo. Reconhecido por ter refutado parcialmente a geração espontânea de micróbios, estudou a fecundação e realizou a primeira inseminação artificial em cães.

Buffon (1707-1788)



Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon, naturalista francês. Escreveu 44 volumes da obra “Histoire naturelle”. Notou a extrema semelhança estrutural de homens e dos grandes macacos e chegou a postular a existência de um ancestral comum. Considerou a modificação das espécies ao longo do tempo, por degenerações.

Erasmus Darwin (1731-1802)



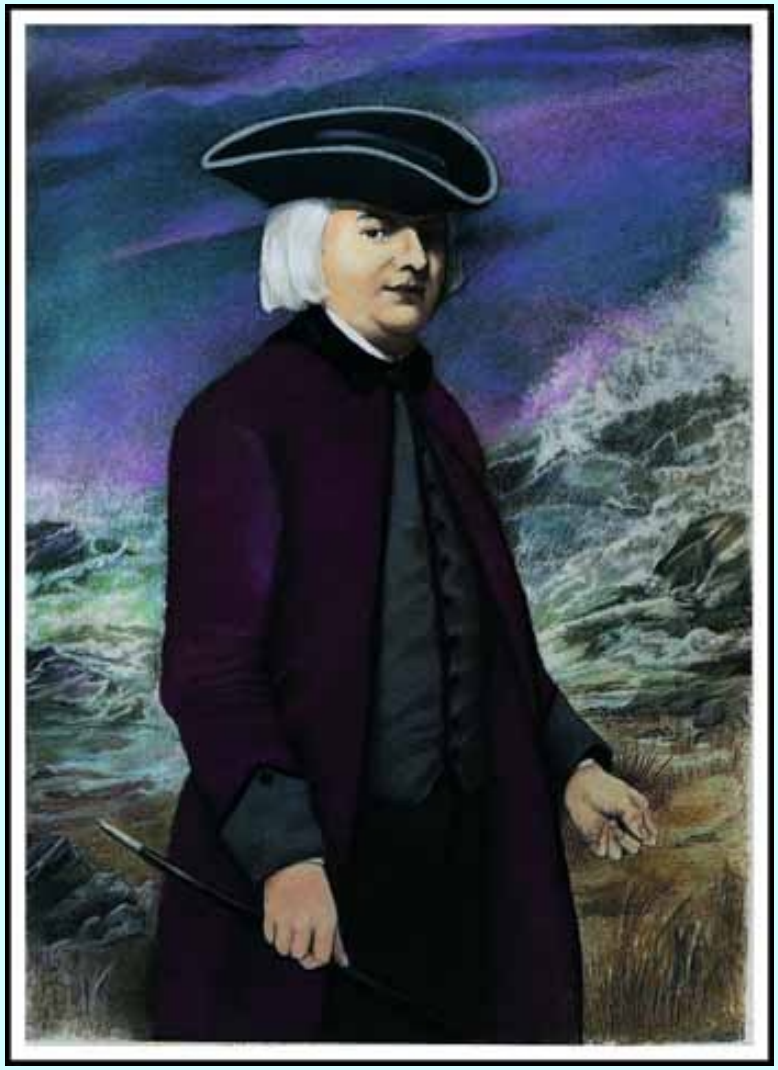
Avô de Charles Darwin e de Francis Galton, Erasmus Darwin foi médico, filósofo, poeta e naturalista, um dos intelectuais ingleses mais influentes de sua época

Linnæus supõe, na Introdução à suas Ordens Naturais, que, no início, muito poucos legumes foram criados, e que seus números foram aumentados pelos seus intercruzamentos. Muitas outras alterações parecem ter surgido por força da eterna competição por luz e ar acima do solo, e por alimentos ou umidade abaixo do solo.

(…) seria demasiadamente ousado imaginar que durante o grande período de tempo, desde que a terra começou a existir, talvez milhões de eras antes do início da história da humanidade, seria demasiadamente ousado imaginar que todos os animais de sangue quente surgiram a partir de filamentos vivos, (…)

Erasmus Darwin, Zoonomia, 1794

William Paley (1743-1805)



Clérigo e teólogo inglês, escreveu a obra “Natural Theology: or, Evidences of the Existence and Attributes of the Deity, Collected from the Appearances of Nature” em 1802, que se tornou um paradigma da Teologia natural.

O Argumento de Paley



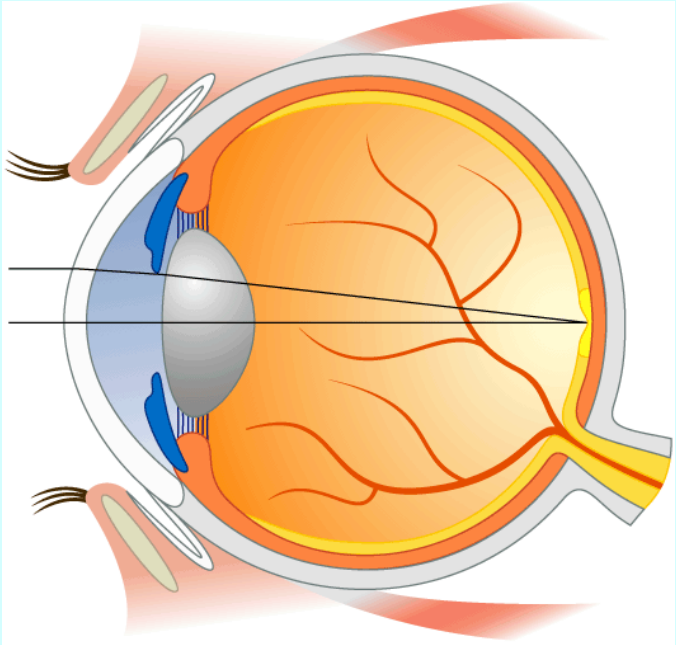
Se você encontra uma pedra arredondada, você poderia dizer que ela é resultado de diversas colisões, sem que se ache isso um absurdo.

Se, por outro lado, você encontra um relógio*, você somente pode concluir que foi feito por um fabricante de relógios.

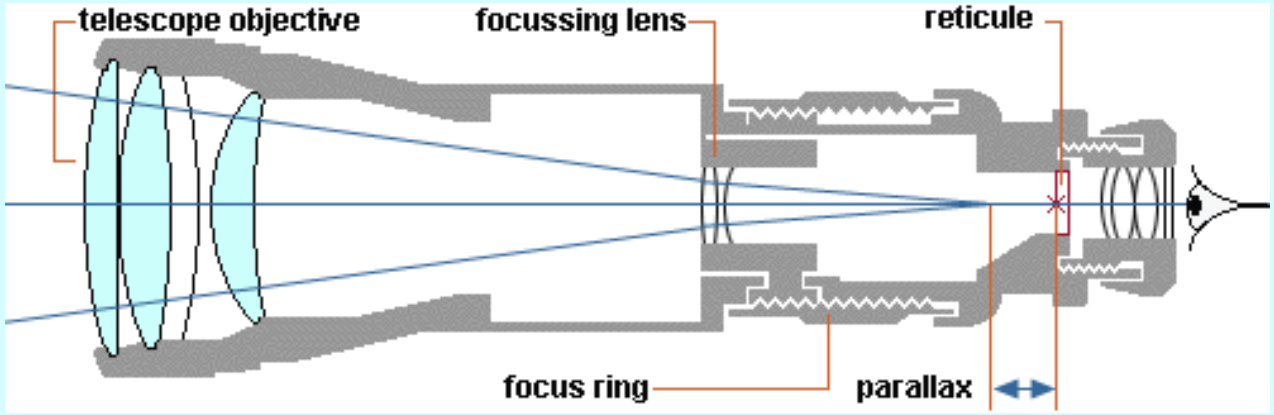
*** Um exemplo da tecnologia mais avançada da época.**
Se fosse hoje, o exemplo seria algo como um smartfone.



O Argumento de Paley



O raciocínio com relação ao relógio poderia ser estendido aos seres vivos dada a sua complexidade. Um dos exemplos de Paley é a estrutura dos olhos, comparada à de um instrumento construído com um propósito evidente, o telescópio.



Lamarck (1744-1829)

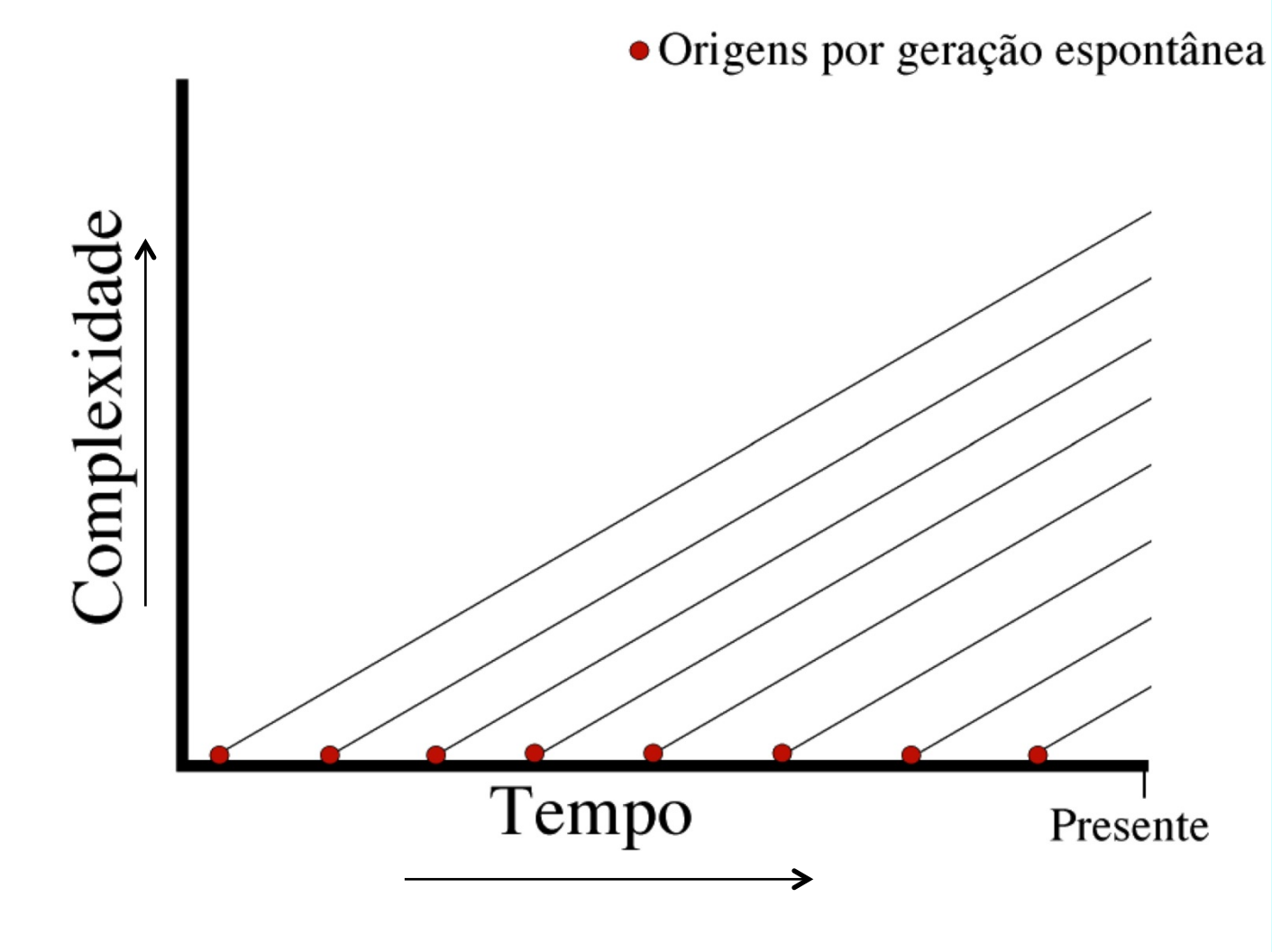


Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck, originariamente militar, estudou Botânica e Medicina. Inicialmente protegido de Buffon, propôs a evolução dos organismos através de uma série de mecanismos, entre eles a herança de caracteres adquiridos. Foi depois perseguido por Buffon. Cunhou o termo "Biologia".

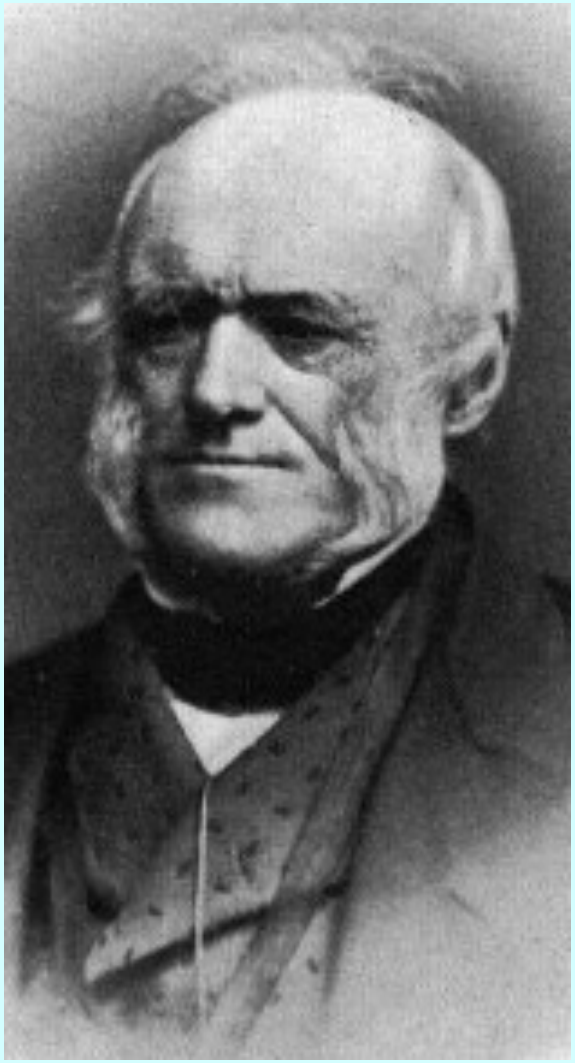
As quatro leis da evolução de Lamarck

1. Tendência para o aumento da complexidade (como aquela que produz um organismo a partir de um ovo).
2. Surgimento de novos órgãos por movimentos de fluidos corpóreos.
3. Uso e desuso (Hipertrofia de órgãos muito usados e atrofia daqueles pouco usados).
4. Herança de caracteres adquiridos (Modificações ocorridas nos pais são transmitidas aos filhos).

A evolução tal qual imaginada por Lamarck



Charles Lyell (1797-1875)



Sir Charles Lyell, advogado e geólogo escocês. Filho de um advogado com interesse em Botânica, foi influenciado cedo pelo pai para o estudo das Ciências naturais. Entre outras obras, escreveu “Princípios de Geologia” em 1833, onde propôs a doutrina do uniformitarismo, de acordo com a qual as mudanças geológicas ocorreriam de forma gradual durante todo o tempo, ao contrário do catastrofismo, mais aceito na época.

Thomas Malthus (1766-1834)



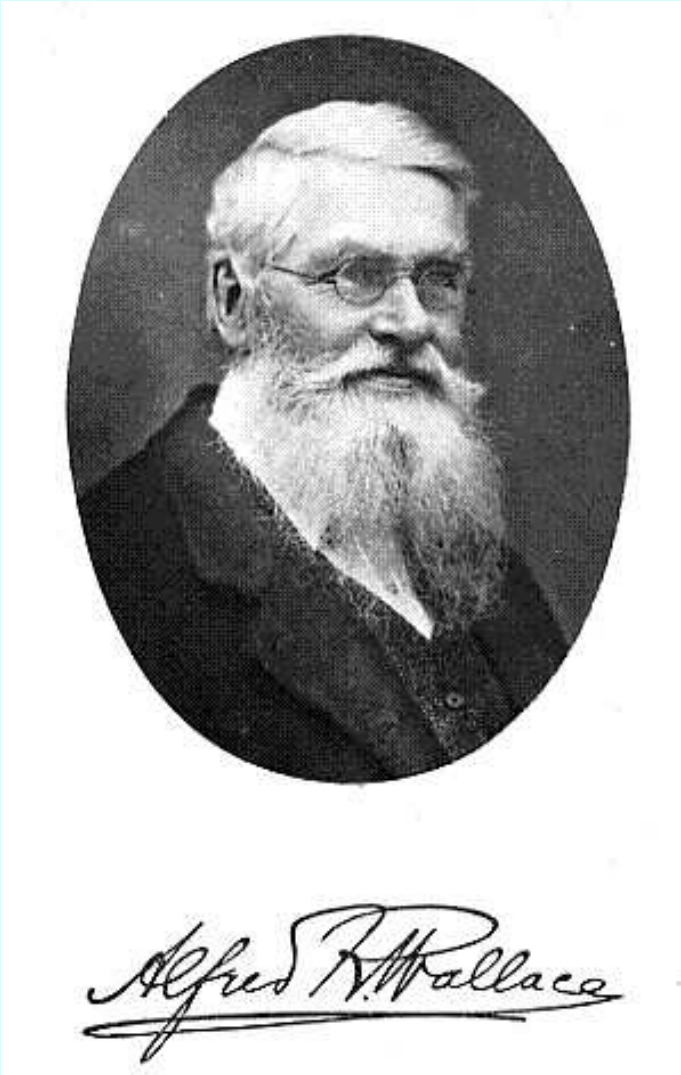
Economista político inglês, preocupado com a degradação das condições de vida da Europa, escreveu “Essay on the principle of population”, onde observava que o potencial reprodutivo é sempre muito maior do que o realizado nos organismos e tecia considerações sobre organização das sociedades humanas que não poderiam eliminar a pobreza.

Malthus (1798) An Essay on the Principle of Population

"I SAID that population, when unchecked, increased in a geometrical ratio, and subsistence for man in an arithmetical ratio."

EU DISSE que a população, quando irrestrita, aumenta em uma proporção geométrica, e os meios de subsistência crescem em uma proporção aritmética."

Alfred Russell Wallace (1823-1913)



Naturalista e antropólogo inglês, teve uma vida atribulada, repleta de percalços financeiros. De 1848 a 1852, viajou para a Amazônia e, de 1854 a 1862 para o arquipélago malaio. Correspondeu-se com Darwin e, foi co-autor de uma apresentação feita por Darwin dos princípios de evolução por seleção natural na Linnean Society de Londres em 1858, oito meses antes da publicação de “A origem das espécies”. Fundou a moderna Biogeografia.

Charles Robert Darwin (1809-1882)



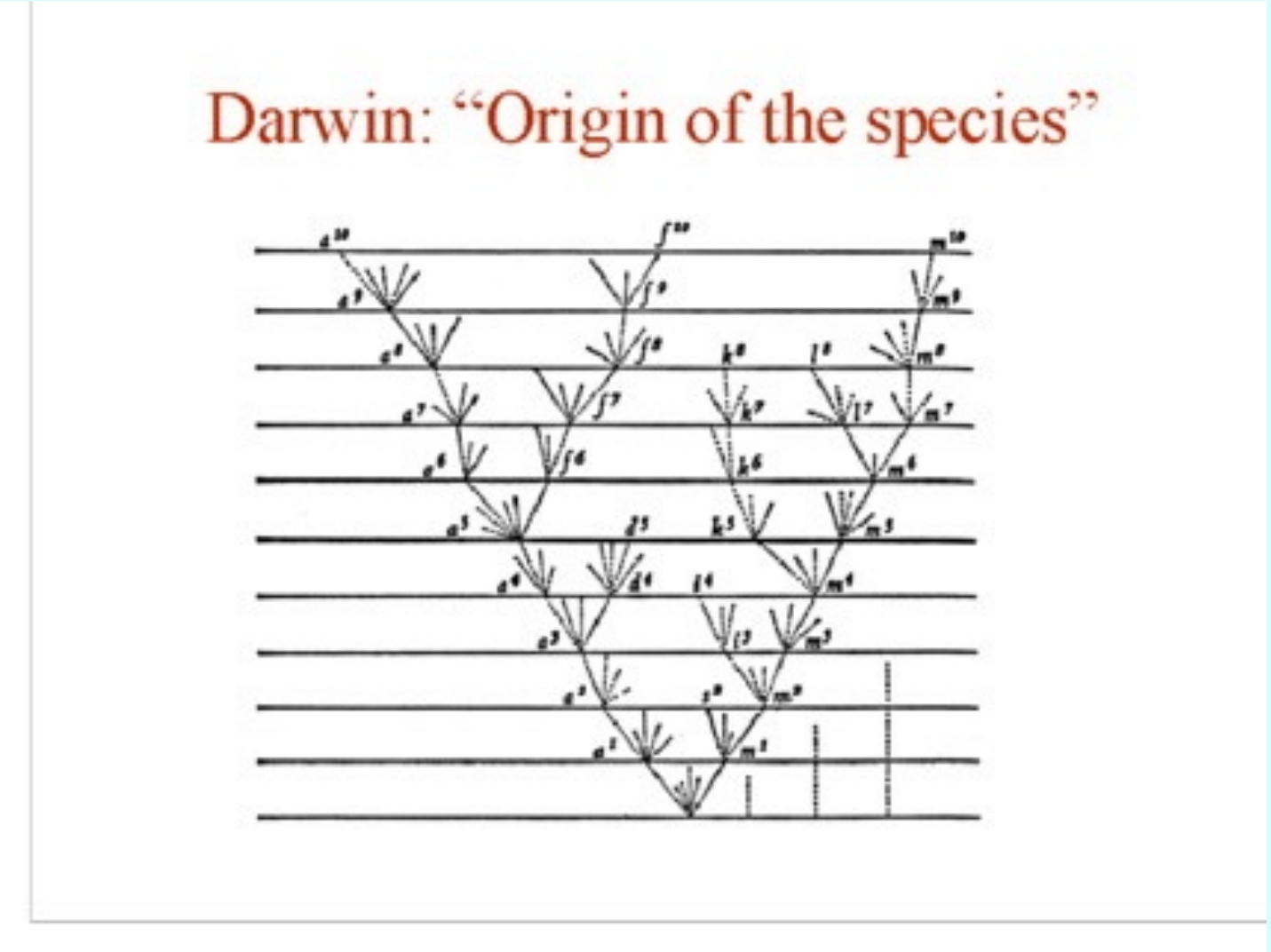
Naturalista inglês, desistiu dos estudos de medicina para se dedicar às Ciências naturais. Baseado nas suas observações “in loco” de populações naturais de animais, propôs, com Wallace, a teoria da evolução por seleção natural, uma das teorias científicas mais revolucionárias de todos os tempos. Escreveu “A origem das espécies” um dos mais influentes livros de todos os tempos.

“I have called this principle, by which each slight variation, if useful, is preserved, by the term Natural Selection.”

Chamei esse princípio, de acordo com o qual cada variação sutil é preservada, se útil, pelo termo Seleção Natural.

Darwin (1859) The Origin of Species

A evolução tal qual imaginada por Darwin



A teoria da evolução por seleção natural de Darwin e Wallace (por Ernst Mayr)

Observação 1: O potencial reprodutivo dos organismos é muito grande.

Observação 2: O ambiente limita o potencial reprodutivo.

Conclusão 1: Existe “luta” pela sobrevivência.

Observação 3: Existe variação entre os indivíduos nas populações.

Conclusão 2: Os indivíduos que sobrevivem o devem a características propícias em relação ao ambiente.

Observação 4: Os filhos se assemelham aos pais.

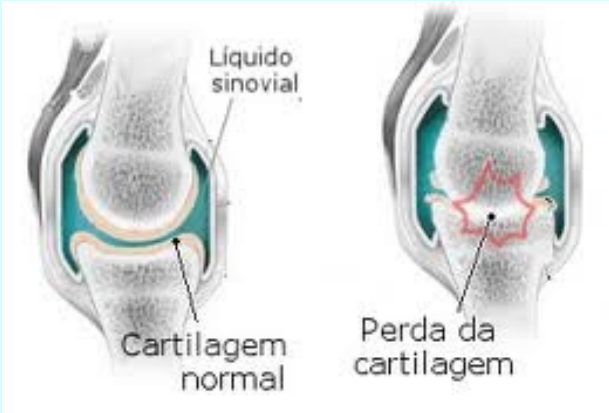
Conclusão 3: As características se aprimoram ao longo do tempo de acordo com o ambiente.

E o lamarckismo?

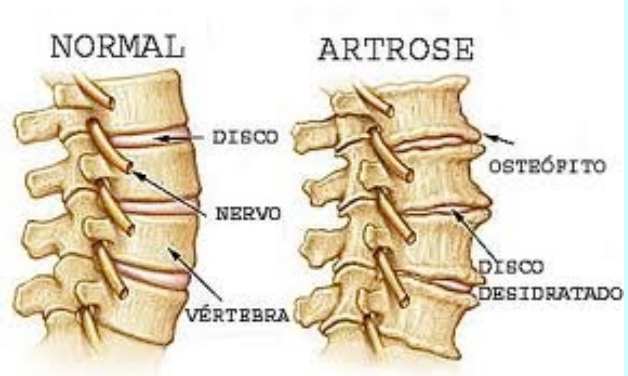


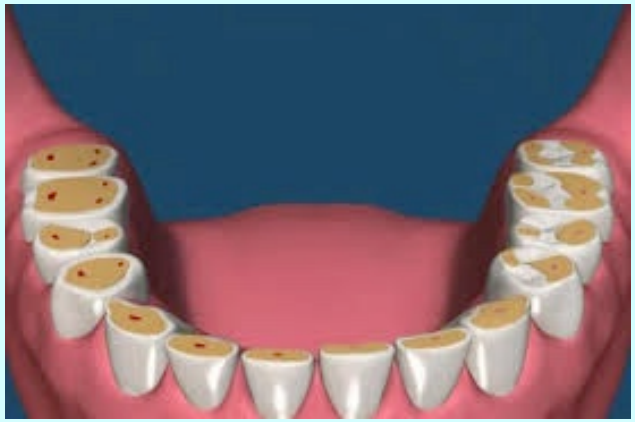
Imagine que haja herança dos caracteres adquiridos. Como então explicar a direção adaptativa do uso ou desuso de órgãos? Qual é o processo que implica essa direção?

E o lamarckismo?

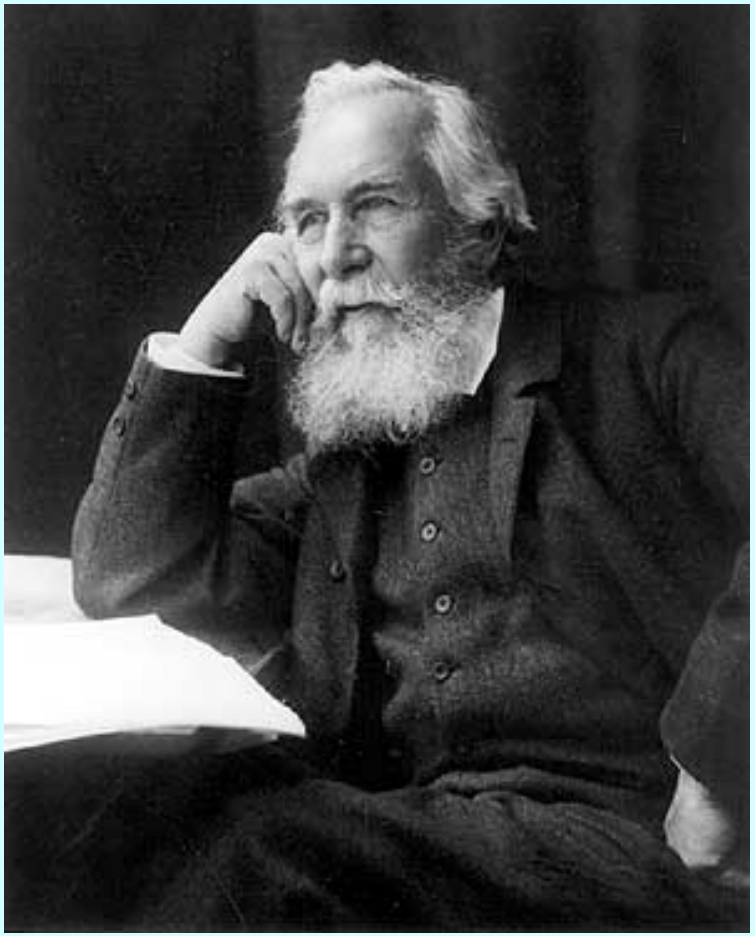


Algumas estruturas se deterioram com uso em demasia, tal como desgastes de articulações, dentes, etc.



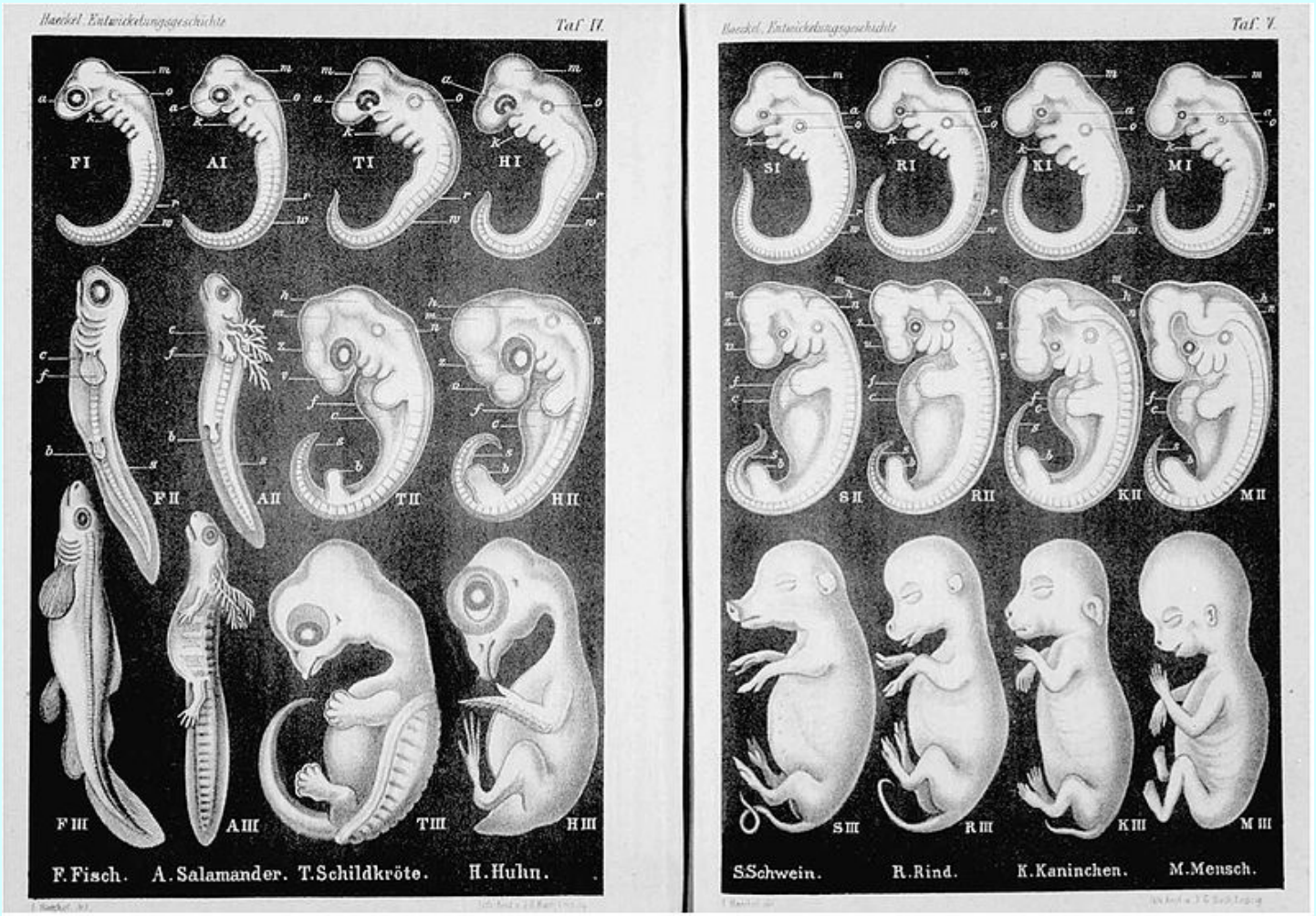


Ernst Haeckel (1834-1919)



Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, zoólogo alemão, foi um dos primeiros defensores das idéias de Darwin, lecionando-as na Alemanha já em 1860. Desenvolveu a teoria da recapitulação de Von Baer, segundo a qual a ontogenia recapitula a filogenia.

A “recapitulação”



Haeckel, E. (1874). Anthropogenie.

Adaptações complexas

"Se fosse possível demonstrar a existência de qualquer órgão complexo que não pudesse ser formado por meio de numerosas pequenas modificações sucessivas, minha teoria desmoronaria completamente."
(Darwin, 1859).

Adaptações complexas

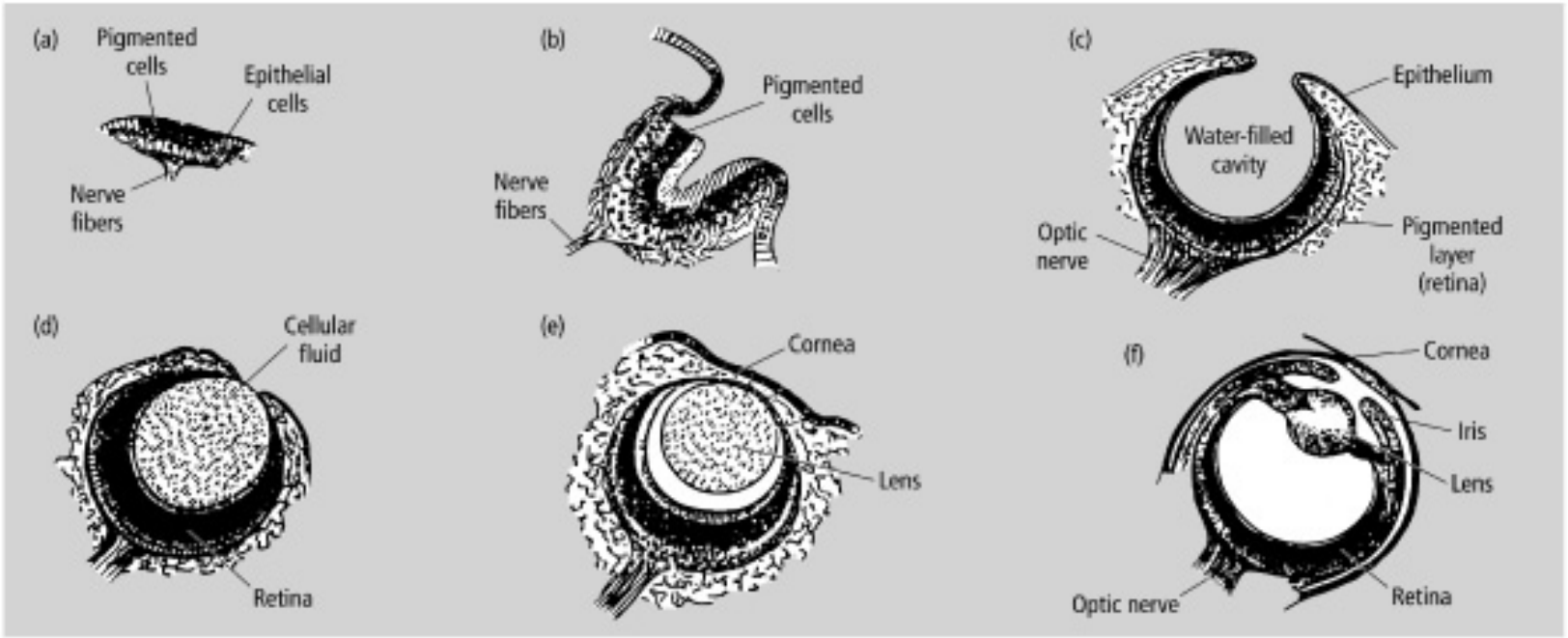


Figure 10.2
Stages in the evolution of the eye, illustrated by species of mollusks. (a) A simple spot of pigmented cells. (b) A folded region of pigmented cells, which increases the number of sensitive cells per unit area. (c) A pin-hole camera eye, as is found in *Nautilus*. (d) An eye cavity filled with cellular fluid rather than water. (e) An eye is protected by adding a transparent cover of skin and part of the cellular fluid has differentiated into a lens. (f) A full, complex eye, as found in the octopus and squid. Redrawn, by permission of the publisher, from Strickberger (1990).

Adaptações complexas

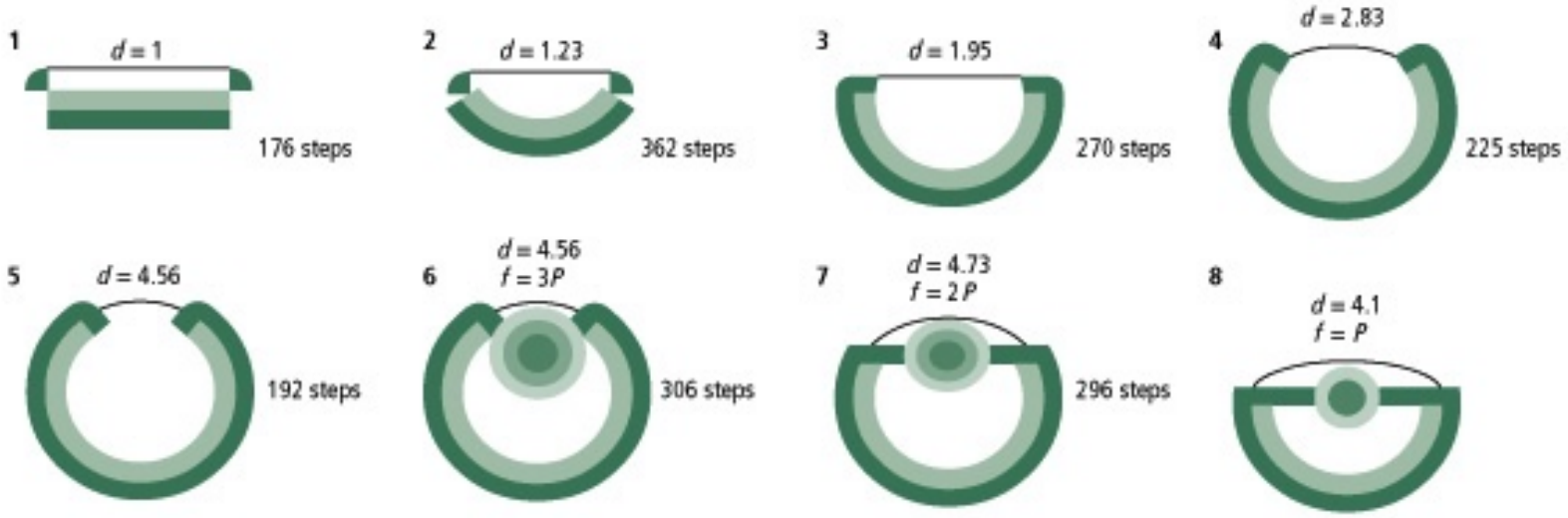
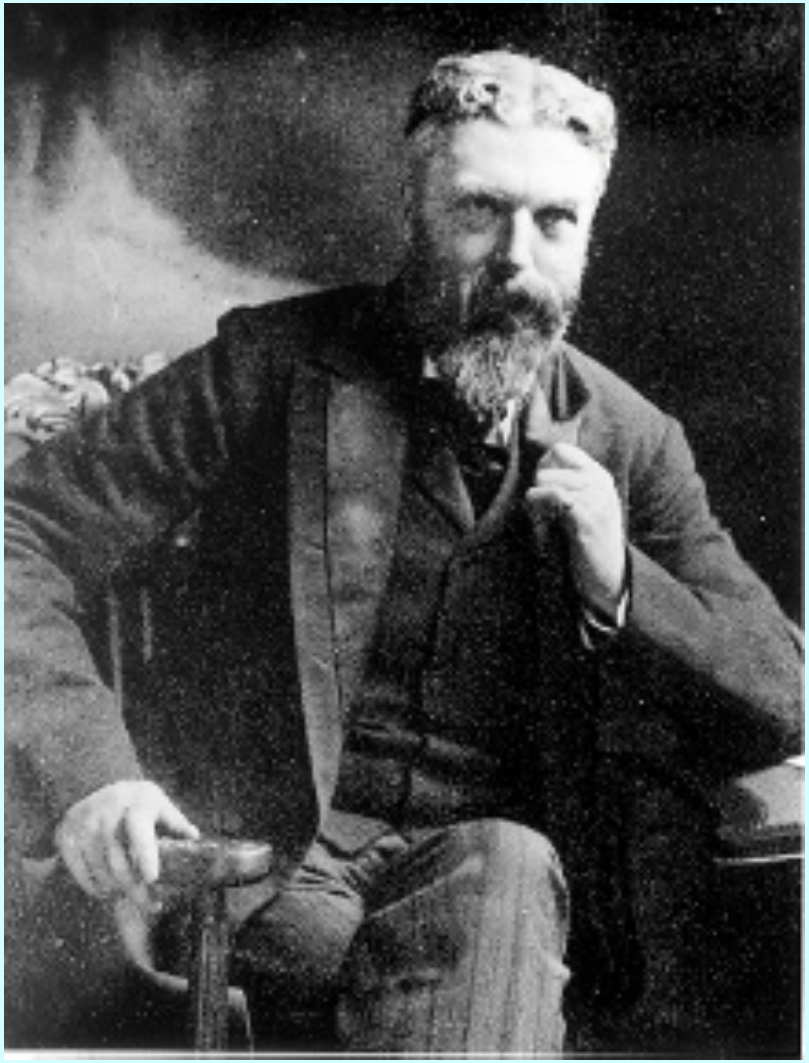


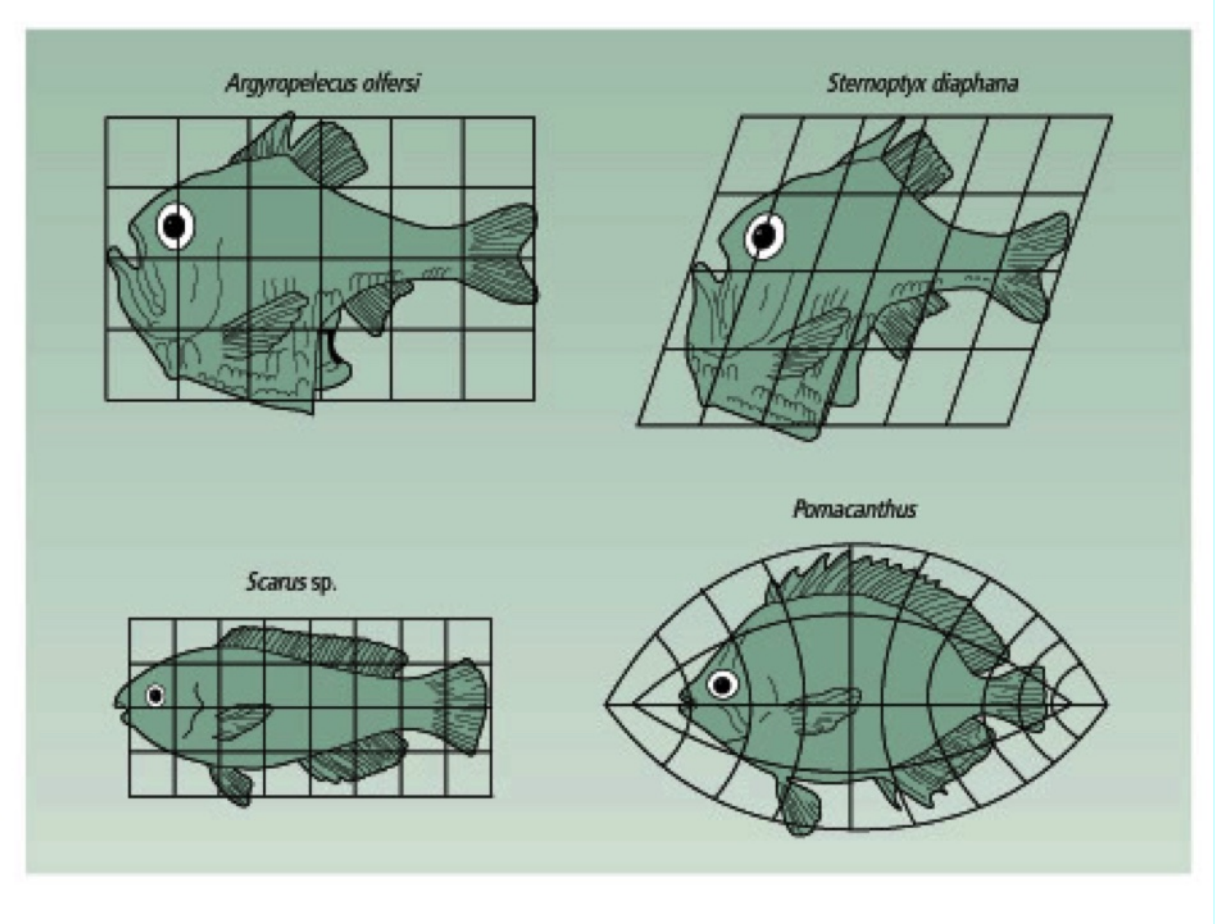
Figure 10.3
Eight stages in the evolution of the eye in a computer model. The initial stage has a transparent cell layer, a light-sensitive cell layer, and a dark pigmented bottom cell layer. It first improves its optical properies by buckling in (up to stages 4–5); by stage 5 it approximately corresponds to the pin-hole camera eye (see Figure 10.2c). It then improves by the evolution of a lens (stage 6). The lens shape then changes, and the iris flattens, to improve the focusing properties. *f* is the focal length of the lens; it has the best optical properties when *f* equals the distance from the lens to the retina (*P*): this feature gradually improves in the final three phases (stages 6–8). *d* indicates the change in shape and is the normalized diameter of the eye. Redrawn, by permission of the publisher, from Nilsson & Pelger (1994).

Transformações de D’Arcy Thompson



D'Arcy Wentworth Thompson (1860-1948), matemático e biólogo escocês, escreveu, em 1917, “On growth and form” onde enfatizou os papéis da física e da mecânica no desenvolvimento dos organismos.

Transformações de D'Arcy Thompson

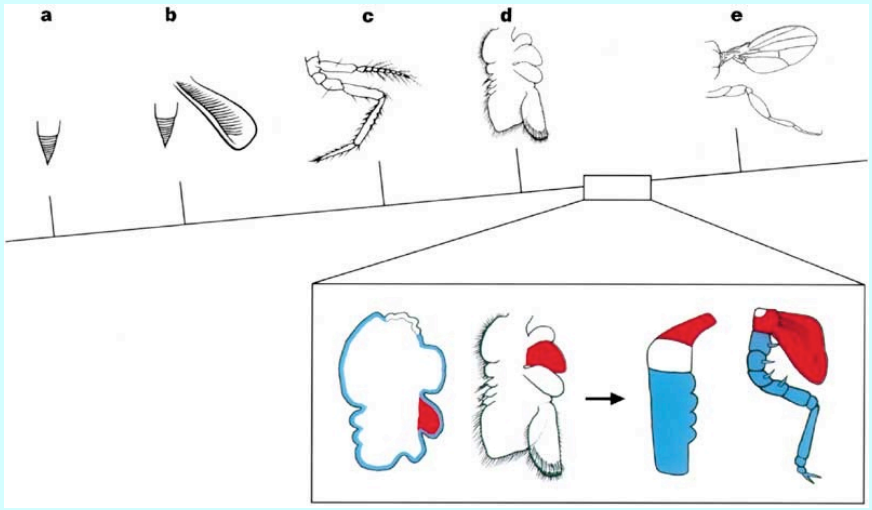


Formas intermediárias de estruturas

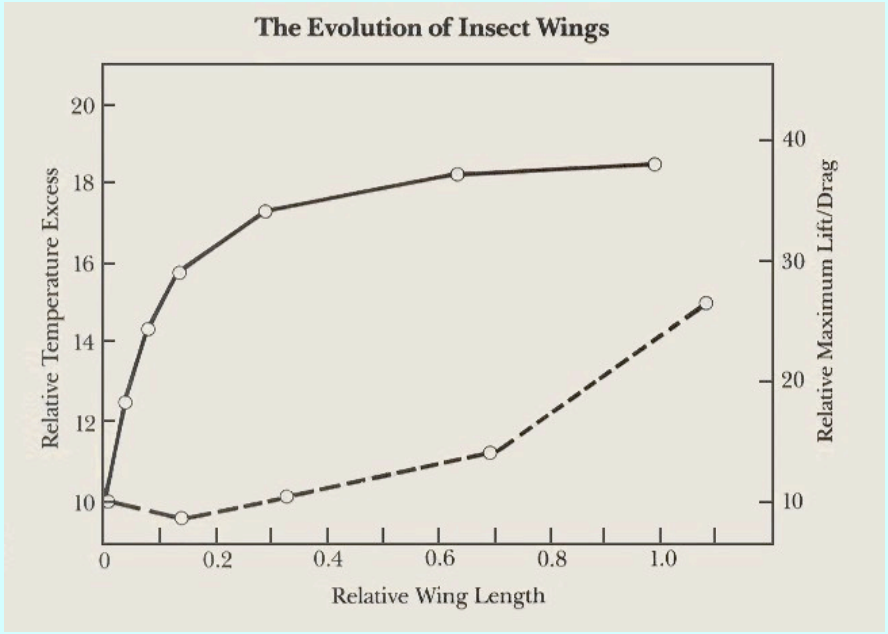
Para quê serviriam “meias asas”?

Lembrete: Um organismo intermediário **tem** que sobreviver!

Pré-adaptações ou exaptações



Homologia de apêndices de insetos



Propriedades termoregulatórias e de capacidade de planagem em apêndices achatados

Restrições à evolução

Históricas.
Físico-químicas.
Morfo-funcionais.
Alométricas.

Restrições à evolução









