Para um Estudante de Biologia Saber

Edson Pereira da Silva

Luiz Antonio Botelho Andrade

Universidade Federal Fluminense

cead

proa²c

Niterói - RJ
2012

Reitor
Roberto de Souza Salles
Vice-Reitor
Sidney Luiz de Matos Mello
Pro-Reitoria de Graduação - Prograd
Pró-reitor: Renato Crespo Pereira
Centro de Educação a Distância - CEAD
Regina Célia Moreth Bragança
Desenvolvimento Instrucional
Curso de Biologia
Edson Pereira da Silva e Luiz Antonio Botelho Andrade
Revisão de Texto
Márcia Elisa Lopes Silveira Rendeiro e Carmen Irene C. de Oliveira
Diagramação/ Projeto Gráfico
Carlos André Maranhão e Daniele da Costa Pereira
Capa
Felipe Rodrigues Ribeiro
Conteudistas
Edson Pereira da Silva e Luiz Antonio Botelho Andrade
Impressão e Acabamento
52 Gráfica e Editora Ltda
Tel.: 021 2771-1161 | 2771-4893

©2012. Universidade Federal Fluminense - UFF. Todos os direitos reservados.
A responsabilidade pelo conteúdo e imagens desta obra é do(s) respectivo(s) autor(es). O conteúdo desta obra foi licenciado temporária e gratuitamente para utilização no âmbito do Sistema Universidade Aberta do Brasil, através da UFF. O leitor se compromete a utilizar o conteúdo desta obra para aprendizado pessoal, sendo que a reprodução e distribuição ficarão limitadas ao âmbito interno dos cursos. A citação desta obra em trabalhos acadêmicos e/ou profissionais poderá ser feita com indicação da fonte. A cópia desta obra sem autorização expressa ou com intuito de lucro constitui crime contra a propriedade intelectual, com sanções previstas no Código Penal, artigo 184, Parágrafos 1º ao 3º, sem prejuízo das sanções cíveis cabíveis à espécie.

S5861 Silva, Edson Pereira & Andrade, Luiz Antonio Botelho.
Para um Estudante de Bilogia Saber - 1ª Edição | Luiz Antonio Botelho Andrade.
Niterói: UFF. CEAD, 2012.
268p. ; 26 cm.

ISBN: 978-85-62007-28-6

1. Biologia 2. Vida 3. Evolução 4.Ecologia 5. Epistemologia I.Título.

SUMÁRIO

AULA 1 - A Origem da Vida

1. INTRODUÇÃO 15

2. ABIOGÊNESE VERSUS BIOGÊNESE 16

2.1 A solução de Pasteur: uma encruzilhada 20

3. A ENCRUZILHADA DESFEITA: OPARIN/HALDANE 24

4. QUEM VEIO PRIMEIRO, O OVO OU A GALINHA? 27

4.1 O ovo 28

4.2 A Galinha 33

4.3 Nem o ovo nem a galinha: o chocar 35

5. DE PERGUNTAS E RESPOSTAS 38

AULA 2 - Célula e Organismo

1. INTRODUÇÃO 46

2. A INVENÇÃO DO MICROSCÓPIO E A OBSERVAÇÃO DA CÉLULA 47

3. A CÉLULA NO CONTEXTO HISTÓRICO DOS SÉCULOS XVII E XVIII 50

4. O NÚCLEO: FUNDAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULA 53

5. O CONCEITO DE CÉLULA E A PROPOSIÇÃO DA TEORIA CELULAR 54

6. POSTULADOS DA TEORIA CELULAR 61

6.1 Para a lacuna, uma ponte: o tempo! 62

7. A NOÇÃO DE ORGANISMO 63

AULA 3 - Herança e Genes

1.INTRODUÇÃO 72

2.UM PROBLEMA DE SANGUE 73

3. MENDEL: UM POUCO DE HISTÓRIA 76

3.1 O nascimento da pergunta 78

3.2 O nascimento do desenho experimental 79

3.3 Um problema velho, um objeto novo - tardiamente reconhecido 82

4. UM COLAR DE CONTAS 86

5 A BASE MATERIAL DA HERANÇA 88

5.1 Uma charmosa molécula em dupla hélice 92

5.2 Um conceito para o gene: os grupos de complementação e seu fracasso 93

AULA 4 - Evolução

1. INTRODUÇÃO 104
2. A TEORIA DARWINIANA: QUAL A NOVIDADE? 105
3. QUAL O MECANISMO? 110
4. QUAL O PROBLEMA? 112
4.1 Qual síntese? 113
5. O QUE É A TEORIA SINTÉTICA? 116
6. COMO SE DÁ A ESPECIAÇÃO? 121

AULA 5 - Espécie

1. INTRODUÇÃO 132
2. HISTÓRICO DAS CONCEPÇÕES SOBRE ESPÉCIE 132
3. ALGUNS CONCEITOS DE ESPÉCIE 141
4. CONCLUSÃO 147

AULA 6 - Ecologia, Ecologismo e Educação Ambiental

1. INTRODUÇÃO 156
2. NO PRINCÍPIO ERA O VERBO 156
3. A TEIA DE CHARLOTTE 159
4. JESUS NÃO TEM DENTES NO PAÍS DOS BANGUELAS 166
5. O DIA SEGUINTE 167
6. ...E O VERBO SE FEZ CARNE 172
7. E AGORA JOSÉ?

AULA 7 - Biologia e Conhecimento

1. INTRODUÇÃO 186
2. FILOSOFIA: CONHECIMENTO UNIVERSAL 187
2.1 Idade Antiga: o realismo 187
2.2 Idade Moderna: o método da dúvida em Descartes 190
2.3 Idade Moderna: o objeto e a razão em Kant 192
3. EPISTEMOLOGIA: FAZER CIÊNCIA E O FAZER DA CIÊNCIA 196

3.1 Gaston Bachelard: a construção do real científico e o polifilosofismo 197
3.2 Karl Popper: falseabilidade e cientificidade 200
4. BIOLOGIA DO CONHECER 202
4.1 Sobre a Distinção entre o Conhecer e o Conhecimento 206
4.2 Sobre a Inevitabilidade do Aprender 208
5. AINDA 211

AULA 8 - Biologia e Sociedade

1. INTRODUÇÃO 218
2. SAÚDE E DOENÇA 218
3. O VERDE E O NEGRO 221
3.1 Condicionantes biológicas 224
3.2 Condicionantes sociais 225
4 ASSIM CAMINHA A HUMANIDADE... 228
4.1 Quando dois e dois são cinco 231
5. GENOMA VERSUS AMBIENTE 236
6. GENÉTICA E IDEOLOGIA 240
7. O MODERNO PROMETEU 242
7.1 Admirável Mundo Novo 245
8. RPM OU REVOLUÇÕES POR MINUTO! 248

A - Apêndice de Respostas 254

APRESENTAÇÃO

O que é importante saber sobre Biologia? Existem conteúdos que sejam fundamentais? O que todo estudante de Biologia deveria saber? Desafio posto, e depois de pensar muito no assunto, nos decidimos que o manual básico do estudante de Biologia deveria ser, de fato, uma caixa de ferramentas! Ou seja, apresentar os conceitos que fundaram, unificaram e deram sentido a ciência Biologia. Resolvemos falar do óbvio.

No primeiro capítulo, como não poderia deixar de ser, discutimos o problema da origem da vida. Aproveitamos a oportunidade para falar de uma ferramenta fundamental em ciência, a experimentação. Iniciamos neste capítulo, também, uma prática que irá acompanhar todos os outros: pensar os problemas a partir de hipóteses.

O segundo capítulo discute o tão batido conceito de célula, contudo, esperamos que você descubra nele um novo frescor e, mais que isso, a abertura para perguntas que, geralmente, a gente se esquece de fazer e que ainda estão em aberto: o que seria mesmo um organismo?

Herança e genes é o nosso terceiro capítulo: olhar para trás para avançar com responsabilidade para o futuro! Aliás, este futuro de incertezas é um dos temas do nosso último capítulo onde discutimos os impactos da sociedade sobre a Biologia e da Biologia sobre a sociedade.

Voltando a nossa ordem, o quarto capítulo trata do tema, talvez, mais polêmico e mais importante de toda a Biologia: a teoria evolutiva! Nascida no século XIX, esta teoria centenária causa, ainda, paixões. Diriam seus inimigos que ela é uma heresia. O contraponto é ainda mais denso e totalizante: Nada em Biologia faz sentido se não for a luz da sua explicação.

Os três capítulos que se seguem a partir daí discutem uma ramificação de conceitos e interseções, comuns a atividade científica. São eles: capítulo 5 discutindo o conceito de espécie; capítulo 6 sobre ecologia, ecologismo e educação ambiental e o capítulo 7 inserindo a Biologia no painel das formas de conhecimento humano. Do capítulo 8 já falamos, então, é só acrescentar que ele fecha este ciclo de conceitos importantes/instigantes em Biologia e, portanto, fundamentais, discutindo como eles têm impacto sobre o fazer e agir da sociedade e vice-versa.

Todos os capítulos estão recheados de atividades para a gente ir aplicando aquilo que estamos discutindo. Como estas atividades não são testes, mas exercícios de compreensão, respostas esperadas são, também, incluídas no texto. Outra coisa é que toda vez que achamos que alguns termos ou questões não são tão familiares, lançamos mão de verbetes que possam fazer a nossa conversa fluir melhor. Cada capítulo oferece a você, ainda, uma bibliografia que pode ser explorada conforme o seu interesse.

Acho que era isto que tínhamos a dizer como apresentação, agora, é enveredar na prosa.

Os autores

1

A Origem da Vida

Metas:

1. Enunciar a característica da experimentação científica que animou a controvérsia entre abiogênese e biogênese.
2. Descrever porque a teoria de Oparin/Haldane não pode ser considerada abiogenética.
3. Oferecer argumentos a favor das hipóteses do "ovo", da "galinha" e do "chocar" para a questão da origem da vida na atualidade.

Objetivo:

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta Aula, você seja capaz de:

1. Diferenciar abiogênese de biogênese.
2. Apresentar a teoria de Oparin/Haldane.
3. Caracterizar os programas de pesquisa que existem na atualidade sobre o problema da origem da vida.

Pré-Requisitos:

Para acompanhar o conteúdo desta Aula, é importante que você saiba o conceito de vida, enunciado nos livros didáticos do ensino médio, e conheça a clássica teoria/experimento de Oparin/Haldane/Miller/Fox.

Guia de Aula:

1. INTRODUÇÃO

2. ABIOGÊNESE VERSUS BIOGÊNESE

2.1 A solução de Pasteur: uma encruzilhada

3. A ENCRUZILHADA DESFEITA: OPARIN/HALDANE

4. QUEM VEIO PRIMEIRO, O OVO OU A GALINHA?

4.1 O ovo

4.2 A Galinha

4.3 Nem o ovo nem a galinha: o chocar

5. DE PERGUNTAS E RESPOSTAS

1. INTRODUÇÃO

Neste primeiro momento, nós vamos abordar não somente o conteúdo específico de uma aula, mas, também, aquilo que vai ser a nossa jornada ao longo de todas as outras aulas deste livro. A nossa idéia é discutir o que consideramos importante a todo estudante de Biologia saber. Isso não significa dizer que vamos cobrir todo o programa do curso de Ciências Biológicas! Não temos esta pretensão, nem somos especialistas de todas as subáreas de conhecimento da Biologia. O que pretendemos é discutir com você, depois de muito pensar e atuar como biólogos e educadores, o que entendemos como sendo questões fundamentais para o pensar e atuar como biólogos e cidadãos. Dito isso, vamos começar do começo... A origem da vida!

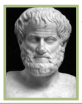
O problema da origem da vida tem preocupado o homem desde sempre. Tanto é assim, que não se conhece uma só civilização na qual essa questão não tenha sido enfrentada. As respostas incluem enredos explicativos mitológicos, religiosos, passando pela filosofia, até a ciência moderna e suas hipóteses.

Quanto mais longe no passado, mais as explicações são compostas de especulações de ordem sobrenatural. Ainda que a proposição destas narrativas seja legítima, as discussões aqui ficarão restritas ao âmbito da ciência moderna com seus procedimentos metodológicos, os quais não nos permitem a aceitação de enredos explicativos sobrenaturais, nem aqueles que não estejam adequados ao seu âmbito e limites.

O primeiro tópico que vamos apresentar para você é um longo debate que perdurou por alguns séculos e que pode ser sintetizado com a seguinte pergunta:

Existe alguma coisa essencial que difere o vivo do não vivo?

Esse era o ponto central da discussão entre abiogênese versus biogênese.

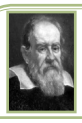


Aristóteles

Aristóteles, filósofo grego (384 a.C. - 322 a.C.), aluno de Platão. É considerado um dos maiores pensadores de todos os tempos e criador da lógica. Além da filosofia, Aristóteles contribuiu também para muitas outras áreas do conhecimento humano, tais como: a poesia, a psicologia e a biologia.

Paracelso

Paracelso (Phillipus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, 1493-1541), médico suíço (além de alquimista, físico, astrológo), cujo nome aparece associado à medicina, embora seu papel para ciência seja controverso: seu trabalho é às vezes associado à modernidade e outras vezes considerado não-científico e fantástico. Muitas de suas obras são puramente religiosas, sociais e éticas.



Galileu Galilei

Galileu Galilei foi um físico, matemático e astrônomo italiano (1564-1642) e tem seu nome associado à criação da ciência moderna por causa da sua defesa do método empírico, que rompe com o método aristotélico, mais abstrato e utilizado na sua época. Por isso é considerado o "pai da ciência moderna". A sua defesa do heliocentrismo, feito que o levou para prisão pela Inquisição, é o evento mais famoso de sua vida.

2. ABIOGÊNSE versus BIOGÊNSE

De Aristóteles, há mais de 2.000 anos atrás, até Paracelso, no século XVI, o problema da origem da vida era resolvido com a crença na geração espontânea, segundo a qual os seres vivos se originavam da matéria bruta pela ação de um princípio ativo. Esta ideia incluía a noção de forças organizativas internas, ou seja, forças que seriam capazes de dirigir ou organizar a sequência de eventos que determinaria que um ovo se transformasse em um ser-vivo. Obviamente, diferentes ovos possuiriam diferentes princípios ativos que determinariam a especificidade do tipo em questão. Por exemplo, ovos de galinhas, peixes e tartarugas, possuiriam princípios ativos que permitiriam o desenvolvimento de pintos, alevinos e tartaruguinhas, respectivamente. Tal concepção é a base da abiogênese. Portanto, até o século XVI, a origem da vida é tão fácil de ser explicada quanto a geração das plantas a partir das sementes. Em ambos os casos, a ação de um princípio organizativo interno, não mensurável, não observável e irredutível aos procedimentos da racionalização científica era o responsável pelo processo. Agora, imagine só: se a porta estava fechada para a ciência, pelas janelas entravam todas as forças transcendentais, dentre elas: deus, os deuses dos outros, os fantasmas, as fadas, os duendes e tudo mais.

No período que vai do século XVI ao XVIII, as forças ocultas ou divinas serão substituídas pela combinação do estudo da matéria com as leis do movimento, para explicar a formação dos seres vivos, do mesmo modo que os demais investigadores estavam fazendo com a queda dos corpos na Terra ou o movimento dos astros do Universo. Neste período, quando Galileu estudava as leis do movimento e apontava o seu telescópio para os céus, na medicina iniciava-se o debate para explicar a origem da vida: "Abiogênese versus Biogênese".

Por volta de 1648, Jean Baptiste Van Helmont, médico belga, publicou receitas para produzir camundongos em 21 dias. Para tanto, dizia ele, era necessário comprimir uma camisa suja de mulher e gérmen de trigo. Um fermento advindo da camisa (princípio ativo), ativado pelo odor dos grãos, transformaria o trigo em camundongos. O mais admirável da transformação, aos olhos de Van Helmont, era o fato de que os camundongos nascidos deste processo não serem filhotes, mas indivíduos adultos e muito bem formados. A receita de Van Helmont favorece a ideia de que a vida se origina espontaneamente, a partir da matéria inanimada, pela ação de um princípio ativo, advogando, assim, a ideia da *abiogênese*.

Embora as receitas de Van Helmont constituíssem, em certa medida, um experimento (a idade clássica será marcada pela experimentação), estas não apresentavam um controle das variáveis em jogo. A convicção do pesquisador na geração espontânea (pré-conceito) determinou a conclusão infundada da aparição dos camundongos a partir do trigo. O trabalho de Van Helmont, menos que uma anedota, fornece duas lições importantes. A primeira: na experimentação científica é fundamental um controle estrito do máximo de variáveis possível. A segunda: é necessária a consciência de que os pré-conceitos influenciam fortemente a forma como se vê e se interpreta os fatos.

Jean Baptista Van Helmont

Jean Baptista Van Helmont (1580-1644), médico, químico e fisiologista Belga, foi um dos primeiros pesquisadores a reconhecer o papel dos ácidos no suco gástrico e a associar o seu excesso com doença.

As ideias da abiogênse, com o reforço das receitas de Van Helmont, dominaram as concepções sobre a origem da vida por mais 20 anos, até que, por volta de 1668, Francesco Redi, médico italiano, realizou seu elegante experimento colocando a geração espontânea em questão.

Francesco Redi

Francesco Redi (1626-1691) foi médico e poeta italiano. Além de seus trabalhos sobre a geração espontânea, Redi desenvolveu estudos sobre veneno de víboras e escreveu, ainda, um livro sobre animais parasitas. Sua principal obra de poesia foi "Bacco in Toscana" de 1685.

Redi acreditava que depois da criação da Terra, nenhum tipo de planta ou animal teria origem diferente da reprodução da sua própria espécie. Para ele, a aparição de vermes na carne putrefada era explicada, não por um evento de geração espontânea (abiogênese), mas pela *inseminação* (reprodução sexuada) de algum organismo que ali se alimentava e fazia seu ninho. Após coletar alguns vermes da carne apodrecida, Redi pôde observar que eles sofriam um processo de transformação (metamorfose), passando de larvas até moscas adultas. Construiu uma hipótese com tal observação e, para testá-la, colocou pedaços de carne para apodrecimento em frascos grandes, de bocas largas, alguns dos quais ele fechou com uma malha bem fina e outros, manteve abertos. Em ambos os grupos de potes (abertos e fechados), a carne apodreceu normalmente, mas apenas naqueles que estavam abertos apareceram larvas e, posteriormente, moscas. As experiências de Redi favoreciam a ideia da *biogênese* - a vida tem origem somente na vida pré-existente.

Antonie van Leeuwenhoek

Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) foi um comerciante de tecidos e pesquisador holandês, que possuía a maior coleção de lentes do mundo no seu tempo, cerca de 250 "microscópios". O microscópio utilizado por Leeuwenhoek para as suas descrições tinha a capacidade de aumentar a imagem cerca de 200 vezes.

Alguns anos após a experiência de Redi, o holandês Anton Leeuwenhoek desenvolveu lentes que permitiram observar minúsculos organismos pululando nas mais diversas substâncias. O instrumento que ele acabava de inventar era o protótipo de nossos microscópios ópticos e os minúsculos organismos observados constituem o mundo invisível dos microorganismos que muitas pessoas, ainda hoje, ou não sabem ou não acreditam que exista. No entanto, naquele momento, com o invento de Leeuwenhoek, os partidários da abiogênese, que haviam se calado por muito tempo, diante da elegância dos experimentos de Redi, voltaram, com vigor renovado, sustentando que a reprodução pura e simples não poderia estar envolvida na criação destes seres minúsculos e tão numerosos. Somente a geração espontânea (abiogênese) poderia explicar o aparecimento destes seres.

John T. Needham

John T. Needham (1713-1781) foi um naturalista inglês e padre católico. Publicou um trabalho que, embora versando principalmente sobre Geologia, ganhou reconhecimento entre os botânicos devido as suas descrições sobre polén.

Lazzaro Spallanzani

Lazzaro Spallanzani (1729-1799) foi um padre italiano, que abandonou os seus estudos em Direito, na Universidade de Bolonha, para se dedicar à ciência, especialmente, às ciências naturais. Desenvolveu estudos sobre regeneração e transplantes, digestão e circulação animal. Ele conseguiu efetuar em anfíbios as primeiras fecundações artificiais e fez, numa cadela, a primeira inseminação artificial da história. Demonstrou, ainda, que os espermatozóides são os responsáveis pela fecundação.

Louis Pasteur

Louis Pasteur (1822-1895) foi um pesquisador francês cujo trabalho teve grande importância na história da bioquímica e da medicina. Deve-se a ele, entre outras coisas, o desenvolvimento da técnica conhecida como pasteurização, a associação do processo de fermentação com a ação de microorganismos e a vacina antirrábica.

Seguindo este importante debate científico, o inglês John Needham realizou, em 1745, uma série de experiências com diferentes sucos nutritivos (caldo de galinha, sucos vegetais etc.). Para a realização de sua experiência, ele colocou os diferentes sucos em tubos de ensaio fechados, para impedir a entrada de ar, e submetendo-os a um breve aquecimento. Após alguns dias, os sucos estavam repletos dos pequenos organismos. Needham concluiu, portanto, que os pequenos organismos (microorganismos) se desenvolviam nos sucos nutritivos por geração espontânea. Assim, as ideias da abiogênese voltavam, um século mais tarde, com toda força.

O padre italiano Lazzaro Spallanzani refez os experimentos de Needham. No entanto, ele ferveu os tubos fechados por uma hora e demonstrou que, após vários dias, não havia o desenvolvimento dos microorganismos. Contudo, John Needham contra-argumentou que os procedimentos realizados por Spallanzani (aquecimento por uma hora) teriam destruído a força vegetativa (princípio ativo) das substâncias em infusão.

Esta história da disputa entre as idéias da abiogênese *versus* biogênese, na experimentação científica deste período, representou a contradição existente entre as ideias animistas e vitalistas. Tal contradição impulsionou, por muito tempo, a atividade científica, fazendo com que esta avançasse a cada momento. É interessante notar que o vitalismo foi fundamental para superação das receitas de Van Helmont pelos experimentos de Redi. Entretanto, uma vez estabelecido, este vitalismo representou um retrocesso para a pergunta sobre a origem da vida, que, por sua vez, será retomada pelo animismo de Needham. Contudo, este animismo, mais uma vez, irá representar um retrocesso que Spallanzani tentará superar. Naquele período, o experimento de Spallanzani, que era uma retomada dos experimentos anteriores de Needham, não foi suficiente para superar a contradição entre animismo e vitalismo. Muito pelo contrário, foi neste momento que esta contradição se mostrou mais evidente. A solução para esta contradição teve que esperar o século seguinte e os trabalhos de Louis Pasteur.

ANIMISMO E VITALISMO

O termo animismo aqui designa a ideia de que existe uma continuidade entre a matéria bruta e a matéria viva. Por outro lado, o vitalismo assume uma descontinuidade entre o vivo e o bruto, ou seja, uma irredutibilidade do vivo.

ATIVIDADE - 1

Nossa primeira atividade tem como foco o dilema da abiogênese versus biogênese. Leia atentamente os itens propostos abaixo, registrando os resultados desta atividade da forma que você achar mais conveniente: anotação, gravação, filmagem, etc. Se achar interessante, você poderá realizar este desafio com os seus colegas e/ou com seus familiares.

1-Pergunte às pessoas que estão à sua volta (mãe, pai, empregada, irmãos, vizinhos etc.) por que os alimentos estragam? Se você quiser ser mais específico pergunte, então, porque o feijão ou o arroz ou o leite, quando deixados à temperatura ambiente, azedam?

2-Anote todas as respostas, agrupando-as pela semelhança do argumento explicativo utilizado, por exemplo, sujeira, metal, saliva, ar contaminado, microorganismos no ar etc.

3-Faça uma tabela relacionando as diferentes respostas com os diferentes grupos de pessoas (adultos, crianças, escolarizado, não escolarizado etc.). Para evitar constrangimentos para você e para os seus entrevistados (questão ética), use um nome fictício para as pessoas, ou então utilize um sistema codificado, por exemplo: A, B, C ou 1, 2, 3.

COMENTÁRIO

É possível depreender, a partir da primeira parte desta Aula, que a atividade científica requer, geralmente, diferentes tarefas cognitivas, tais como: observação, problematização, racionalização e experimentação. Grifamos a palavra geralmente para que você não tome estas tarefas cognitivas como sequenciais e essenciais para todo fazer científico. A história das ciências mostra vários contra-exemplos nos quais a primeira ou a última destas tarefas cognitivas estão ausentes, ou momentaneamente ausentes, mas em que a produção do conhecimento científico foi considerada não somente válida, mas até revolucionária, como no caso da Teoria da Relatividade, de Albert Einstein (ele não observou e nem experimentou tarefas realizadas muitos anos após a enunciação da teoria).

2.1 A solução de Pasteur: uma encruzilhada

Por volta de 1860, Louis Pasteur, químico francês, realizou um experimento definitivo para a solução da contradição entre biogênese *versus* abiogênese - o famoso experimento com os balões em pescoço de cisne. Para realizar o seu experimento, Pasteur aqueceu o bico de balões de vidro, para poder alongá-los e produzir algumas curvas. Nestes balões, os sucos nutritivos foram fervidos da mesma maneira como Spallanzani havia feito. No entanto, o rigor científico de Pasteur afastou as críticas feitas a Spallanzani, pois ele manteve a presença do ar durante todo o processo, desde a fervura até o resfriamento e repouso completo dos sucos nutritivos. Pasteur observou que, mesmo após terem transcorridos vários meses, não havia o crescimento de microorganismos nos sucos contidos nos referidos balões. Diferentemente, se o bico alongado dos balões em forma de pescoço de cisne fosse removido, em poucos dias poderia ser observado o crescimento de microorganismos nos sucos nutritivos (Figura 1). Este experimento, simples e elegante, foi um golpe definitivo contra as ideias da abiogênese. Primeiro, porque a experiência demonstrou que o crescimento de microorganismos nos sucos nutritivos ocorria devido à contaminação pelo ar, já que não havia crescimento de microorganismos naqueles sucos contidos nos balões, cujos gargalos, em forma de pescoço de cisne, fossem mantidos intactos. As curvas dos balões com pescoço de cisne permitiam a entrada do ar, mas impediam a sua circulação e, por isso, os microorganismos e/ou seus esporos não alcançavam os sucos nutritivos, que permaneciam estéreis por muito tempo. Consequentemente, demonstrou-se que os líquidos fervidos eram ainda capazes de manter a vida. Ou seja, mesmo se o suposto princípio ativo existisse de fato, este não teria sido destruído pelo procedimento da fervura, já que ao se retirar os bicos longos, os líquidos, em contato com ar, apresentaram o crescimento de microorganismos.

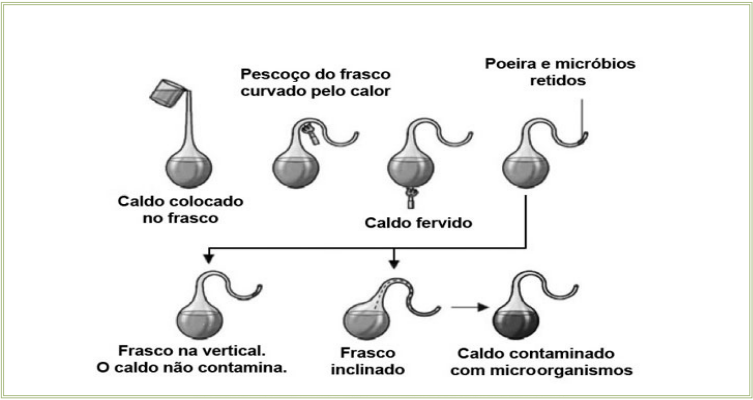


Figura 1 - Representação do experimento dos balões bico de cisne de Pasteur. Maiores detalhes no texto.

Este experimento, além de ser bonito, com seus graciosos balões de gargalos alongados e curvos, é um exemplo de rigor e genialidade científica, pelo controle estrito das variáveis em jogo (temperatura da fervura, aeração, contaminação etc.). E é o próprio Pasteur quem enunciou, de maneira simples, o triunfo da biogênese: *"Nada nasce do nada, tudo que é vivo nasce do previamente vivo"*. Este enunciado carrega em si o triunfo do vitalismo, ocorrido no século XIX, fato importante para o estabelecimento definitivo de uma ciência nova - a Biologia – e o seu objeto – a vida e os seres vivos.

O triunfo da biogênese suscitou, porém, novas questões: Como explicar a diversidade dos seres vivos? Qual a origem desta diversidade? Todos os seres vivos teriam um ancestral comum? As respostas para estas perguntas fazem parte de outra história, que será abordada na Aula sobre evolução.

Prezado aluno, antes de você dar continuidade a esta Aula e antes mesmo de mais uma "Atividade", queremos chamar a sua atenção para uma importante consequência advinda dos resultados obtidos por Pasteur. Se por um lado, o experimento deste que foi considerado um dos maiores bem feitores da humanidade - Louis Pasteur - representou um dos grandes momentos do poder da inventividade humana para responder perguntas por ela mesma construídas, por outro, sua solução gerou outro grande problema, qual seja:

Se tudo que é vivo nasce do previamente vivo, então como surgiu o primeiro ser vivo?

O problema da origem da vida, a partir deste momento, encontrava-se em uma encruzilhada. Uma nova etapa de questionamentos científicos se configurou. E é isso que veremos, após a Atividade 2.

ATIVIDADE - 2

Nossa segunda atividade tem como foco os experimentos de Pasteur e o processo por ele inventado, a pasteurização, muito utilizada na indústria alimentícia.

MATERIAL

um litro de leite;

um copinho de iogurte natural;

três copos limpos, etiquetados ou marcados (A, B e C);

uma colher pequena e limpa.

PROCEDIMENTO

Ferva o litro de leite numa leiteira e deixe esfriar à temperatura ambiente. Depois do resfriamento do leite, divida parte do conteúdo da leiteira em três copos de vidro previamente limpos e devidamente etiquetados (A, B e C). Por intermédio de uma colher pequena e limpa, coloque uma pequena quantidade (meia colher) de iogurte natural nos copos A e B. Tampe os três copos com um pires ou outro material equivalente. Transfira os copos A e C para uma geladeira e mantenha o copo B na temperatura ambiente. Verifique o conteúdo dos três copos no dia seguinte, anotando os resultados de acordo com os seguintes parâmetros: odor e paladar. Tire uma conclusão a partir dos resultados do experimento.

Comentário

Os microorganismos presentes no leite cru de vaca são os mesmos encontrados no úbere e na pele desse animal, assim como aqueles encontrados nos utensílios da ordenha. Mesmo mantido sob temperatura de refrigeração, o leite cru apresenta, invariavelmente, bactérias dos seguintes gêneros: *Enterococcus, Lactococcus, Streptococcus, Leuconostoc, Lactobacillus, Microbacterium, Oerskovia, Propionibacterium, Micrococcus, Proteus, Pseudomonas, Bacillus, Listeria* e até representantes dos coliformes. É por isso que se deve evitar o consumo de leite cru, uma vez que ele pode veicular agentes etiológicos para algumas doenças infecciosas, tal como a *listeriose*. É importante ressaltar que a pasteurização não é sinônimo de esterilização. Assim, mesmo após o processo de pasteurização, o leite pode conter microorganismos, ou seus esporos, resistentes ao calor. Por isso, mesmo o leite pasteurizado deve ser mantido sob refrigeração, já que, em baixa temperatura, há uma inibição da proliferação da maioria dos microorganismos.

Se por um lado o leite contaminado por agentes patogênicos pode provocar doenças nos seres humanos, por outro, o crescimento seletivo de alguns microorganismos que transformam a lactose em ácido lático (fermentação) é utilizado para produzir vários derivados alimentícios como o iogurte e o queijo. Assim, por exemplo, o iogurte é produzido a partir do leite, com o auxílio de culturas bacterianas iniciadoras específicas (*starter*), que constituem culturas mistas de *S. thermophillus* e *Lactobacillus delbreechkii*, na proporção de um para um (1:1). Na presença dos bastonetes (*L. delbreechkii*), os cocos (*S. thermophillus*) crescem mais rapidamente e produzem uma quantidade maior de ácido lático do que se estivessem sozinhos. Na produção industrial de iogurte, a cultura *stater* é adicionada em concentração de aproximadamente 2% do volume manipulado, sendo incubado a 45 ºC por cinco horas e, então, resfriado a 5 ºC. Um bom iogurte se mantém em boas condições de consumo até por duas semanas, mantido a 5 ºC.

PASTEURIZAÇÃO

A pasteurização é um processo de eliminação parcial de microorganismos contidos nos alimentos pela ação do calor. A esterilização é um processo físico ou químico de eliminação completa dos microorganismos em uma determinada amostra. Louis Pasteur descobriu, em meados do século XIX, que o aquecimento de certos alimentos e bebidas acima de 60ºC, por um determinando tempo, evitava a sua deterioração, reduzindo de maneira sensível o número de microorganismos presentes na sua composição, particularmente os patogênicos. Este procedimento ficou conhecido como pasteurização, em homenagem a este grande cientista.

No final do século XIX, os alemães iniciaram a aplicação do procedimento da pasteurização no leite *in natura*, comprovando sua eficácia na destruição das bactérias existentes no mesmo e, portanto, na preservação do produto por um bom período de tempo. Este método foi aperfeiçoado e, atualmente, ele pode ser realizado de três maneiras principais:

1) Pasteurização lenta: na qual se utiliza temperaturas em torno de 65°C, durante trinta minutos.

2) Pasteurização rápida: na qual se utiliza temperaturas mais altas, em torno de 75˚C, durante curtos intervalos de tempo (15 a 20 segundos).

3) Pasteurização muito rápida: na qual se utiliza temperaturas muito altas (130˚C a 150˚C), em curtíssimos intervalos de tempo (3 a 5 segundos).

3. A ENCRUZILHADA DESFEITA: Oparin/Haldane

A solução do dilema posto pelo triunfo vitalista enunciado por Pasteur só irá ocorrer na década de 20 do século passado, pela nova formulação do problema dada pelo russo A. I. Oparin e pelo inglês J. B. S. Haldane. Segundo eles, a formulação de Pasteur, *"nada nasce do nada, tudo que é vivo nasce do previamente vivo"*, era obviamente válida, mas somente nas condições atuais do nosso planeta Terra. Contudo, a origem da vida se deu em tempos remotos, por volta dos 3,8 bilhões de anos atrás, em condições muito diversas das atuais.

Oparin e Haldane concebiam que a atmosfera da Terra primitiva seria composta por gases como o metano, amônia, hidrogênio e vapor d'água. Nesta atmosfera, denominada redutora, por não possuir oxigênio livre, os gases eram continuamente submetidos aos raios ultravioletas, descargas elétricas e altas temperaturas. Nestas condições, seria possível, por rearranjos entre aqueles compostos, o surgimento de moléculas orgânicas, fundamentais para o surgimento da vida.

Atmosfera redutora é aquela que não possui oxigênio livre.

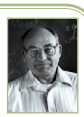
Aleksandr Oparin

Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980) foi um bioquímico soviético, formado na Universidade de Moscou, em 1917. Sua teoria sobre origem da vida é fortemente influenciada pelo darwinismo e pelo materialismo, uma vez que para ele a complexa combinação de propriedades que caracteriza a vida surgiu a partir do processo de evolução da matéria. Seu livro "A Origem da Vida" é um bom resumo da sua teoria.

John Haldane

John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964) foi um geneticista britânico responsável, juntamente com Ronald Fisher e Sewall Wright, pela teoria sintética da evolução, na década de 30, do século passado. Ele ajudou a desenvolver as tabelas de mergulho usadas pela marinha inglesa e americana durante a 2° Guerra Mundial e que servem, até hoje, de base para as tabelas usadas por todos os mergulhadores. Em 1957, emigrou para a Índia onde trabalhou até sua morte.

Stanley Miller



Stanley Lloyd Miller (1930-2007) foi um químico estadunidense, formado pela Universidade da Califórnia e com doutorado pela Universidade de Chicago. Ele ficou conhecido, aos 23 anos de idade, por seu trabalho (sob orientação de Harold Urey) conhecido como "Sopa Orgânica", um experimento considerado um marco histórico nas pesquisas a respeito da origem da vida. Este trabalho foi publicado em 15 de maio de 1953 pela revista científica "Science".

A novidade introduzida pela hipótese Oparin/Haldane desfez o dilema pela sua superação, ou seja, o problema da origem da vida não era mais visto nos termos da contradição entre as ideias da abiogênese e biogênese, tendo em vista que esta contradição não fazia sentido no mundo pré-biótico da Terra primitiva. As condições para origem da vida teriam sido dadas por um planeta que deixou de existir pela própria atividade biótica. A contradição abiogênese versus biogênese deixa de existir e o problema da origem da vida passa para um campo novo – a terra primitiva e a história de sua formação. A encruzilhada é desfeita e a investigação pode então prosseguir.

A contradição deixa de existir porque o modelo explicativo mudou. A Terra, em sua origem, era diferente da atual. Daí poder ser explicada a origem da vida, em condições diferentes daquela que o planeta apresenta atualmente.

Em 1953, Stanley Miller, um estudante da Universidade de Chicago, submeteu as ideias de Oparin/Haldane a um elegante desenho experimental. Miller reconstituiu, em um sistema fechado, a atmosfera primitiva com os gases metano, amônia, hidrogênio e vapor d'água, os quais eram continuamente submetidos a faíscas elétricas. Como resultado, ele obteve a formação de uma mistura racêmica de aminoácidos (D e L), muitos dos quais semelhantes àqueles utilizados na construção de proteínas pelos organismos vivos atuais (Figura 2).

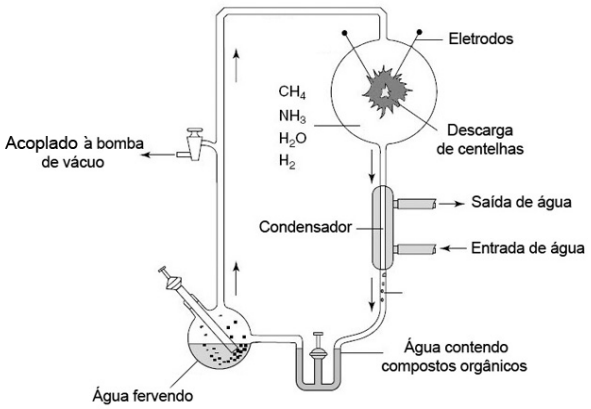


Figura 2 – Demonstração esquemática do experimento de Miller/Urey, no qual um sistema fechado reproduzia a suposta atmosfera da Terra primitiva - uma mistura de hidrogênio, água, amônia e metano – onde discargas elétricas eram disparadas para simular o efeito de raios. O resultado, após uma semana, era o surgimento espontâneo de aminoácidos.

Harold Urey

Harold Clayton Urey (1893-1981) foi um químico estadunidense. Seus trabalhos enfocaram o isolamento de isótopos pesados de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, carbono e enxofre. Em 1934, ele recebeu o Prêmio Nobel de Química pela obtenção do deutério (hidrogênio pesado) e pelo isolamento da água pesada (óxido de deutério, D2O). Contribuiu, além disso, para o desenvolvimento da bomba de hidrogênio. Se dedicou também a realizar pesquisas sobre Geofísica, origem do Sistema Solar e paleontologia.

Uma mistura racêmica é constituida de quantidades iguais de duas moléculas opticamente ativas - capazes de desviar o plano da luz polarizada para a esquerda (levógira) ou para a direita (destrógira) – se comportando, no todo, como opticamente inativa.

Como você já deve ter estudado na Química do nível médio, algumas moléculas podem mostrar-se idênticas em suas estruturas, mas diferirem quanto à sua conformação espacial, sendo uma a imagem especular da outra. Esta diferença é conhecida como quiralidade e pode ser mensurada com o auxílio de um polarímetro, haja vista a capacidade dos isômeros ópticos de desviarem o plano da luz polarizada para a direita – destrógira - ou para a esquerda - levógira. Suas mãos direita e esquerda são ilustrações de quiralidade e, assim, ainda que sejam semelhantes, elas não são superponíveis. O que este comentário sobre a quiralidade tem a ver com a discussão que estamos travando até aqui sobre a origem da vida. Qual é o problema da quiralidade? O problema é que todos os aminoácidos de todas as proteínas encontradas nos seres vivos possuem a mesma quiralidade -

levógira. Haja vista que nos experimentos de Miller e Urey, os aminoácidos que se formaram não desviavam a luz polarizada, ou seja, eles eram uma mistura racêmica dos dois isômeros ópticos. Alguns cientistas colocam em questão a possibilidade do aparecimento espontâneo da vida na terra, sem a presença de um princípio orientador, que tivesse selecionado a forma L. Haja vista que na molécula de DNA os nucleotídeos se apresentam sempre como isômeros ópticos "D", ou destrógiros, a proposição mais plausível para explicar a presença de um ou outro isômero óptico nas moléculas orgânicas que compõem todos os seres vivos é apontar para uma origem comum da vida na terra, configurada há cerca de 3,8 bilhões de anos atrás.

Voltando a teoria de Oparin/Haldane, gostaríamos de ressaltar que suas idéias não só permitiram abordar o problema da origem da vida, mas também fundaram um novo programa de investigação - a química pré--biótica, que chega até nossos dias.

4. QUEM VEIO PRIMEIRO, O OVO OU A GALINHA?

A observação das formas atuais de vida indica que, mesmo o mais simples dos seres vivos é um sistema altamente complexo, que envolve basicamente dois tipos de moléculas: (a) as proteínas, que constituem a maquinaria enzimática que realiza a série de reações catalíticas deslocadas do equilíbrio que mantêm a vida, ou seja, permitem o fluxo de matéria e energia inerente ao fenômeno vivo e (b) os ácidos nucléicos, responsáveis pela manutenção e herança das informações do operar do ser vivo. Embora as reações vitais sejam realizadas por proteínas, estas só operam seguindo

um código genético contido no DNA. Do mesmo modo, o DNA é absolutamente inoperante sem o aparato protéico/enzimático especificado por ele mesmo. Esta situação de total interdependência entre estas principais classes de moléculas que constituem a vida remete a um dos principais problemas atuais nos estudos sobre a origem da vida. Este problema pode ser enunciado como o Dilema do Ovo ou da Galinha, ou seja, nos eventos que originaram a vida na Terra, quem veio primeiro, os genes ou as proteínas?

É possível imaginar um sistema organizado de reações enzimáticas, do tipo coarcevados, operando nos oceanos primitivos. Contudo, como este sistema poderia se perpetuar e evoluir na inexistência de um código genético? Do mesmo modo, como a origem de ácidos nucléicos é possível nas condições da Terra primitiva? Contudo, como estas moléculas poderiam se manter em um sistema complexo e organizado, sem o seu acoplamento com o aparato protéico/enzimático? A dicotomia ovo/galinha ainda não tem uma solução consensual nos dias de hoje, como tantas outras dicotomias apontadas nesta Aula. Assim, é preciso, neste momento, apresentá-la sob a forma de caminhos ou programas de pesquisa, com os seus pressupostos e suas principais abordagens sobre o problema da origem da vida.

Coacervado é um aglomerado de moléculas proteicas envolvidas por moléculas de água.

4.1 O ovo

Embora as suposições de Oparin/Haldane fossem a primeira hipótese consistente sobre os processos químicos que teriam originado a vida na Terra e a ideia dos colóides primitivos (coacervados) bastante lógica, estas

James Dewey Watson

James Dewey Watson (1928-) é um biólogo estadunidense e um dos autores do Modelo de Dupla Hélice para a estrutura da molécula de DNA. O trabalho publicado em 1953 valeu a ele, em 1962, o Prêmio Nobel de Fisiologia, partilhado com Francis Crick e Maurice Wilkins. Escreveu "A dupla Hélice" que conta a história da formulação do modelo da estrutura do DNA.

Francis Harry Crick

Francis Harry Compton Crick (1916-2004) foi um físico e bioquímico britânico e autor, juntamente com Watson, do Modelo de Dupla Hélice. Crick dedicou a maior parte da sua vida às neurociências. O seu último livro publicado foi "The Astonishing Hypothesis". Morreu aos 88 anos, de câncer, em San Diego, Califórnia, EUA, país no qual trabalhava desde 1977.

teorias foram desenvolvidas na década de 1920, período em que ainda não se sabia da existência do DNA como a base molecular da herança.

Na década de 1950, James Watson e Francis Crick publicaram o modelo da dupla hélice de DNA e sugeriram que tal molécula poderia, por si só, preencher os requisitos necessários para codificar e transferir, por cópia, a informação hereditária dos seres vivos. Isto pode ser depreendido das palavras dos próprios autores, no final do artigo publicado na Revista "Nature": "Não escapou à nossa atenção que o pareamento específico que postulamos sugere de pronto um possível mecanismo copiador para o material genético".

A partir deste momento, a ideia de um coacervado protéico, como entidade molecular que deu origem à vida, começou a fenecer. Isto porque se tornou difícil imaginar como estas estruturas seriam capazes de ter evoluído até uma forma de vida, por mais simples e primitiva que fosse, sem um código genético. Era o abandono daquilo que chamamos hipótese da galinha (origem da vida com base em compostos moleculares protéicos), em detrimento da hipótese do ovo (origem da vida com base em compostos moleculares de ácidos nucléicos ou similares).

Hipótese da galinha: origem da vida com base em compostos moleculares protéicos.

Hipótese do ovo: origem da vida com base em compostos moleculares de ácidos nucléicos ou similares

Apesar de a hipótese de Oparin/Haldane sobre a evolução química ter sido pouco a pouco abandonada, a base de todo trabalho que versa sobre origem da vida é ainda o resultado da encruzilhada desfeita por estes dois pesquisadores. Foram eles que introduziram duas novas perspectivas à discussão sobre o problema da origem da vida: A história, colocando o tempo como constitutivo, criador de eventos únicos e irreversíveis para o futuro; a dialética, com a definição de eventos novos que uma vez instituídos destroem a sua própria condição de origem, como é o caso da vida, enquanto fenômeno, que uma vez existindo, operando e modificando o mundo pré-biótico, destrói as condições anteriores que possibilitaram sua própria origem.

DIALÉTICA

Dialética era, na Grécia Antiga, a arte do diálogo, da contraposição e contradição de ideias que levam à outras ideias. A dialética descrita no texto diz respeito ao marxismo, que a entende, a partir de uma leitura e desdobramento do conceito em Hegel, em dois sentidos principais: a concepção de que o mundo está em contínuo movimento por um processo que envolve a contradição e a luta de contrários (tese, antítese e síntese) e um método de análise que procura evidenciar as contradições da realidade social e resolvê-las no curso do desenvolvimento histórico.

Antes mesmo dos trabalhos de Watson e Crick, John Bernal, em 1951, definia que o "polímero primordial", aquele com quem a vida teria começado, deveria apresentar duas características: a capacidade de estocar informação genética e a autoduplicação. Proteínas e DNA eram os candidatos naturais para o papel de "polímero primordial", pois ambos exerceriam tais funções de estocagem e autoduplicação.

Sabia-se que era possível obter polímeros de aminoácidos (proteinóides) com atividade catalítica, a partir do aquecimento de misturas de aminoácidos. No entanto, era impossível imaginar como estes proteinóides poderiam manter um mecanismo eficiente de estoque e transmissão de informações, tendo em vista o alto grau de aleatoriedade no processo

John Bernal

John Desmond Bernal (1901-1971) foi um cientista irlandês, que se destacou por seus trabalhos pioneiros no âmbito da Cristalografia de raios X. Embora muitos dos seus companheiros de pesquisas tivessem recebido o Prêmio Nobel, John Bernal nunca foi laureado com este prêmio. Segundo seus biógrafos, isso se deu, provavelmente, devido às suas convicções políticas. Bernal recebeu o Prêmio Lênin da Paz, em 1953, por seus trabalhos internacionalistas.

de sua formação. A partir de 1953, com a publicação dos trabalhos sobre a estrutura do DNA, as moléculas de ácidos nucléicos começaram a ocupar um papel central nos estudos sobre a origem da vida – corroborando a hipótese do ovo.

Os DNA's são as moléculas responsáveis pela estocagem e replicação da informação genética no presente. Contudo, eles precisam de proteínas para efetuar sua autoduplicação, o que significa que nas condições da Terra primitiva não serviriam de molde para formação da fita complementar, sem que houvesse o auxílio de enzimas. Do mesmo modo, o DNA é muito resistente à decomposição por hidrólise, o que, no caso de polímeros "inadequados", tornaria a reciclagem dos monômeros um processo difícil. Portanto, a colonização do ambiente aquático da Terra primitiva por "polímeros primordiais" de DNA, parece improvável.

Nos anos de 1970, as equipes dos pesquisadores estadunidenses, Thomas Cech e Sidney Altman, de forma independente, descreveram que determinadas sequências de RNA, os introns, eram capazes de acelerar a velocidade de algumas reações, ou seja, tinham a capacidade de se comportar como uma enzima. Estes trabalhos inauguraram aquilo que se convencionou chamar estudos sobre a origem da vida, a partir de um mundo de RNA's. Em 1986, estudos sobre o autoprocessamento do RNA precursor revelaram que os introns estavam envolvidos no processamento. Mais que isto, estudos com estes introns purificados e colocados em presença de pequenos fragmentos de RNA demonstraram que ele era capaz de retirar uma base e transferi-la para uma segunda molécula de RNA. Assim, a partir de duas moléculas de mesmo tamanho (n), o intron é capaz de produzir uma molécula acrescida de uma base (n+1) e outra diminuída de uma base (n-1) e assim sucessivamente (n+2 e n-2; n+3 e n-3; etc.). Essa síntese não se dá ao acaso, pois depende, em parte, da sequência de bases do intron, de modo que a sequência sintetizada tem uma relação de semelhança com a sequência do intron que a sintetizou. Ou seja, o intron se comporta como

Thomas Cech

Thomas Robert Cech (1947-), químico estadunidense e ganhador do Prêmio Nobel de Química. Sua principal linha de pesquisa é o processo de transcrição. Sua segunda linha de pesquisa se concentra no estudo da estrutura e função dos telômeros cromossômicos.

Sidney Altman

Sidney Altman (1939-) é um bioquímico (originalmente com graduação em Física) canadense, ganhador do Prêmio Nobel de Química em 1989, junto com Thomas Cech, pelos trabalhos com as propriedades catalíticas do RNA

uma enzima, daí ter sido chamado ribozima, e sintetiza algo semelhante a si próprio. Esse fato abriu a perspectiva teórica de um RNA capaz de copiar a si próprio e, deste modo, solucionar o dilema do ovo e da galinha, a partir de um mundo de RNA's. Contudo, em fins dos anos de 1980, pesquisadores como Robert Shapiro, da Universidade de Nova York, e Gerald F. Joyce, do Instituto de Pesquisa Scripps Clinic, formularam a incômoda pergunta:

> ***Seria possível, nas condições da Terra primitiva, que o RNA fosse sintetizado a uma velocidade maior do que a da sua decomposição por radiação ultravioleta, por hidrólise ou por reações com outras moléculas do ambiente?***

A resposta foi não. Portanto, a acumulação destas moléculas não seria possível nas condições da Terra primitiva enfraquecendo a hipótese de um mundo de RNA's.

A partir da resposta negativa, os pesquisadores têm procurado um outro polímero autorreplicável primordial. No lugar dos RNA's, estamos, agora, no momento das pesquisas com substâncias que se comportariam de forma semelhante aos RNA's, ou seja, os análogos de RNA, como, por exemplo, os aciclonucleosídeos derivados de glicerol. Estes compostos são extremamente atraentes, já que são muito mais estáveis que a ribose, e podem, assim, ter se acumulado nos ambientes aquáticos da Terra primitiva, em quantidade suficiente para a formação dos ácidos nucleosídeos. Contudo, o problema então seria demonstrar a possibilidade da passagem de um "mundo de análogos de RNA" para um "mundo de RNA's".

Como se vê, o problema da origem da vida a partir de um "polímero primordial" de ácidos nucléicos ou similares, o ovo, continua rica em respostas que demandam perguntas.

Robert Shapiro

Robert Shapiro (1935-) é um químico estadunidense. Trabalha atualmente no departamento de bioquímica da Universidade de Nova York (Department of Chemistry at New York University), nas áreas de química do DNA e origem da vida.

Gerald Joyce

Gerald Francis Joyce (1956-) é um pesquisador estadunidense do The Scripps Research Institute. Trabalha com evolução in vitro de moléculas RNA catalítico e origem da vida.

4.2 A Galinha

Sidney Fox

Sidney Walter Fox (1912-1998) foi um bioquímico estadunidense e seu trabalho se concentrou no estudo da química das proteínas e a origem da vida. Ele conquistou notoriedade ao equiparar os agregados esféricos (microesferas) que obteve ao suspender em água o material obtido pela desidratação térmica de aminoácidos a uma forma primitiva de vida.

Christian De Vue

Christian René de Duve (1917-) é um bioquímico belga, premiado com o Nobel de Fisiologia, em 1974, por demonstrar a função do lisossomo. Seu trabalho tem contribuído para a aceitação da teoria de que os mitocôndrias e os cloroplastos foram originados de antigos procariontes que começaram a viver dentro de células eucarióticas como endosimbiontes. Atualmente De Duve trabalha na Rockefeller University, New York, USA.

A hipótese da galinha, ou seja, a origem da vida com base em compostos moleculares protéicos, depois de formulada nunca deixou de receber atenção. Serão descritos aqui alguns dos principais argumentos que corroboram com esta hipótese. O primeiro deles diz respeito aos resultados de Miller. Este pesquisador demonstrou que mais de doze tipos de aminoácidos - base de construção dos peptídeos - eram formados nas condições de seu experimento. Alguns destes aminoácidos foram descritos, posteriormente, em meteoritos. A pergunta que se colocou a partir destes resultados foi a seguinte: será que os aminoácidos primordiais poderiam ter se ligado para formar peptídeos sob as condições pré-bióticas? Esta possibilidade foi demonstrada por Sidney Fox, biofísico estadunidense, responsável pelos clássicos experimentos de polimerização de misturas secas de aminoácidos pela ação do calor. Sua receita consistia em aquecer uma mistura seca de aminoácidos durante três horas, a 170 ^{o}C. A água se evapora e obtém-se um sólido com aspecto de plástico, que ao ser moído e misturado à água rendia até 15% de seu peso, como um produto solúvel em água, contendo cerca de cinquenta aminoácidos combinados. Fox denominou "proteinóide" este produto e veio a trabalhar nesta linha de pesquisa durante toda a sua vida. Assim, o grupo de Fox demonstrou, posteriormente, que os proteinóides eram capazes de formar vesículas (microesferas) que ele acreditava ter servido como fronteiras para as primeiras células. Ainda que vários cientistas argumentem contra esta crença de Fox, De Duve, bioquímico belga, laureado com o Prêmio Nobel de Medicina, em 1974, ressaltou a importância dos achados de Fox: os proteinóides possuem algumas propriedades catalíticas fracas e sua composição em aminoácidos é relativamente conservada e experimentalmente reproduzível, apesar das condições desordenadas da referida receita. Isto indicava que as ligações entre os aminoácidos da mistura inicial não se formavam unicamente por acaso, mas que certas

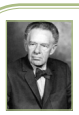
associações eram privilegiadas e outras excluídas. A solubilidade em água teria sido um outro fator de seleção, embora seja concebível que algumas moléculas fossem cataliticamente ativas sob a forma insolúvel. Transportando estes achados para as prováveis condições pré-bióticas - de calor intenso - argumenta-se que, devido à natureza estritamente físico-química dos fatores envolvidos na seleção, a formação dos proteinóides pode ter permanecido constante até que estas condições do ambiente de formação fossem alteradas.

Ainda que a concentração do proteinóide de Fox pudesse ter aumentado nas condições hipotéticas da terra primitiva, um problema continuava ainda por ser resolvido: a diversidade de peptídeos com atividade catalítica. Esta resposta foi fornecida por Wieland, mesmo antes dos experimentos de Fox, quando ele conseguiu demonstrar que tioésteres de aminoácidos eram capazes de formar peptídeos em temperaturas mais baixas que aquelas utilizadas por Fox e na ausência de catalisadores. O significado da experiência de Wieland veio a ser demonstrado posteriormente, quando Lipmamn descobriu que determinados peptídeos bacterianos como, por exemplo, o antibiótico gramidicina S eram sintetizados na natureza a partir de tioestéres. Ao discutir seu achado, Lipmann sugeriu que o mecanismo formador de peptídeos, dependente de tioésteres, podia ter precedido o mecanismo sintetizador de proteína, dependente de RNA, no desenvolvimento da vida. De Duve argumenta que a importância dos tioésteres para a formação de peptídeos se deve a duas razões principais: (a) estes compostos são fundamentais no metabolismo atual (razão que ele denomina congruência) e (b) o grupamento tiol deriva do ácido sulfídrico (H_2S), o gás pútrido que impregnou o cenário físico-químico do berço da vida.

Para além destes argumentos, De Duve acrescenta ainda, em seu livro intitulado Poeira Cósmica, a vida como um imperativo cósmico, as descobertas mais recentes do grupo de Miller demonstrando a viabilidade da síntese pré-biótica de dois tióis naturais, a coenzima M, cofator metabóli-

Heinrich Wieland

Heinrich Otto Wieland (1877-1957) foi um químico alemão que recebeu o Prêmio Nobel de Química, em 1927, por seu trabalho sobre os ácidos biliares. Ele foi responsável, também, por esclarecer a constituição dos hormônios sexuais e alguns alcalóides.



Fritz Lipmann

Fritz Albert Lipmann (1899-1986) foi um bioquímico alemão, laureado com o Prêmio Nobel de Fisiologia, em 1953, por co-descobrir a coenzima "A". Trabalhou e viveu nos EUA desde 1939.

co de bactérias produtoras de metano (metanógenas) e a cisteamina, constituinte da panteteína e componente chave da coenzima A, macromolécula fundamental ao metabolismo de todos os seres vivos atuais.

Ainda que os tioésteres possam ocupar uma posição chave no proto-metabolismo e no metabolismo atual, permanece uma questão: a formação destas moléculas exigiria um aporte energético. Uma solução possível para resolver este problema foi anunciada pelo próprio De Duve: segundo dados termodinâmicos, os tioésteres poderiam se formar espontaneamente a partir dos ácidos livres e dos tióis, em um meio aquoso quente e ácido. Embora este meio não seja muito aconchegante, alguns trabalhos recentes indicam que algumas bactérias termoacidófilas, de origem muito antiga, vivem em habitat parecidos, nas adjacências de jatos hidrotérmicos submarinos.

4.3 Nem o ovo nem a galinha: o chocar

Uma solução possível para o dilema do ovo e da galinha, apresentada aqui com a denominação o chocar, desvia o eixo central de discussão do problema de "como a vida se originou" para "como a vida funciona". Esta perspectiva, desenvolvida fundamentalmente pelos neurobiólogos chilenos, Humberto Maturana e Francisco Varela, será retomada neste contexto, partindo do conceito da autopoiese, para então descrever os trabalhos de outros grupos de pesquisa que contribuem para esta discussão.

A autopoiese é definida como uma rede de produção de moléculas constitutivas que regenera, continuamente, a rede molecular que as produz e, ao mesmo tempo, especifica o domínio, através de uma fronteira física, onde esta mesma rede se realiza. A definição da autopoiese, portanto, não contém referência às macromoléculas em especial ou mesmo às suas

Humberto Maturana

Humberto Maturana (1928-) é um biólogo chileno. Criador da teoria da Biologia do Conhecer, sua teoria e forma de pensar acabam com o antigo dualismo mente-corpo, ao identificar o processo do viver com o processo cognitivo.

Francisco Varela

Francisco Javier Varela García (1946-2001), biólogo e filósofo chileno, trabalhou sobre sistemas vivos, cognição, autonomia e modelos lógicos. Depois de ter trabalhado nos EUA, mudou-se para a França, onde viveu e trabalhou até o fim da vida

funções.

Vários grupos, em diversos campos do saber, têm utilizado este referencial teórico em suas pesquisas. Um trabalho muito interessante, liderado por Luigi Luisi, se insere no que se denomina vida mínima sintética, que constitui uma tentativa de realização da autopoiese utilizando sistemas de reações químicas. Este pesquisador conseguiu, usando o sistema isocitrato/octanol, produzir micelas artificiais auto-replicadoras (capazes de produzir cópias de si mesmas), ou seja, capazes de efetuar uma síntese orgânica autônoma a partir das propriedades estruturais definidas pelo próprio sistema molecular. Tais micelas devem ser consideradas como "vida sintética mínima".

Pier Luigi Luisi

Pier Luigi Luisi é um químico suíço. Obteve seu doutorado em 1963, na Escola Normal Superior da Universidade de Pisa, Itália. Atualmente ele é professor no departamento de Biologia da Universidade de Estudos de Roma III (Università degli Studi Roma Tre), onde trabalha com auto-organização e autorreplicação de sistemas químicos e biológicos.

Certamente, uma afirmação como esta parece um anticlímax, diante de todos os argumentos e discussões que vieram sendo travadas até aqui. Contudo, é importante chamar a atenção do leitor para o fato de que a radicalidade desta afirmativa se encontra exatamente baseada no desvio da questão "Como a vida começou" para "Como a vida funciona", ainda que em uma condição sintética mínima. De fato, Luisi conseguiu demonstrar um operar autopoiético mínimo, que não invoca moléculas especiais a não ser a capacidade intrínseca de tais moléculas em engendrar, elas próprias, o operar autopoiético.

Stuart Kauffman

Stuart Alan Kauffman (1939-) é um biólogo estadunidense que trabalha nos campos da biofísica e da biologia teórica, especialmente, na aplicação da teoria dos sistema complexos ao problema da origem da vida. Atualmente Kauffman trabalha na University of Calgary, EUA

Outra abordagem interessante é aquela apresentada pelo grupo liderado por S. Kauffman. Este pesquisador também advoga que a origem da vida nas condições da Terra primitiva pode estar associada ao aparecimento de dinâmicas coletivamente ordenadas em sistemas complexos de reações químicas. Descarta, portanto, a necessidade de invocar uma hierarquia molecular para a realização desta dinâmica.

A observação de que mesmo os seres vivos mais simples, como os micoplasmas, possuem em torno de seiscentos genes codificantes e um

metabolismo baseado em, talvez, mil pequenas moléculas, levou Kauffman a afirmar que, de fato, não é a molécula que se autorreplica, mas sim o sistema, como um todo. Destarte, a reprodução de um micoplasma, assim como de todos os seres vivos conhecidos, é uma autocatálise. Logo, a autocatálise do sistema, como um todo, é o principal conceito que decorre da hipótese de Kauffman para a origem da vida. O autor advoga que o surgimento de sistemas de reações químicas, suficientemente complexos, como aqueles que provavelmente teriam existido nos oceanos primitivos da Terra, puderam alcançar tal diversidade molecular a ponto de formar subsistemas, que eles próprios eram, coletivamente autocatalíticos, ou seja, vivos.

Kauffman mostra que, à medida que a diversidade molecular de um sistema aumenta, a razão entre as reações e as moléculas também aumenta. Desse modo, depois de certo nível de diversidade molecular, quase todo polímero irá catalisar pelo menos uma reação. Em um nível crítico de diversidade, um imenso componente de reações catalíticas conectadas emerge do sistema geral. Se os polímeros que agem como catalisadores forem também os próprios produtos das reações catalisadas, este subsistema que emerge do sistema geral poderá se tornar coletivamente autocatalítico, ou seja, realizar a autorreprodução.

Voltando ao argumento de John Bernal, que definia o "polímero primordial" como aquele que deveria apresentar a capacidade de autoduplicação e estocagem de informação genética, é legítimo, neste ponto, perguntar como sistemas coletivamente autocatalíticos mantêm a sua informação genética? Ou seja, podem sistemas coletivamente autocatalíticos evoluir no sentido darwiniano da palavra? Certamente este é o ponto mais frágil destas hipóteses sobre a origem da vida. Existe, no entanto, uma possibilidade conciliatória de que reações espontâneas que persistiram no conjunto autocatalítico pudessem ter integrado subsistemas moleculares que evoluíram no sentido de um código genético.

Este talvez seja, na história da biologia, mais um momento em que a contradição (dilema do ovo/galinha) seja ultrapassada por um novo olhar sobre o problema. Contudo, parece cedo ainda para se afirmar ou contemplar, com distanciamento, o verdadeiro impacto desta nova visão sobre os programas de pesquisa e as soluções propostas para o problema da origem da vida na Terra.

5. DE PERGUNTAS E RESPOSTAS

Ao final desta Aula, primeira para alguns, talvez você se sinta um pouco frustrado por encontrar mais questões do que respostas para as (agora suas?) indagações. Talvez fique também o sentimento incômodo de que ao final nada ficou muito bem definido ou, o que pode ser ainda pior, que antes da leitura, as perguntas e respostas tinham uma relação de complementaridade, que agora pode ter se perdido. Ou seja, você pode ter para uma pergunta mais de uma resposta ou então uma outra pergunta. Ou ainda, nenhuma pergunta para uma resposta que vaga sem sentido. Estes sentimentos podem ser enfrentados com uma (ou mais) das atitudes que se seguem.

Diante da multiplicidade de argumentos, por vezes antagônicos, das disputas, das idas e vindas, do "no meio do caminho havia uma pedra", é possível encontrar o desespero ou o ceticismo e resolver abandonar esta discussão sem pé nem cabeça ou de sete cabeças e retornar ao porto seguro de alguns livros didáticos e suas respostas únicas, concatenadas, progressivas e reconfortantes de uma marcha linear de formigas para o futuro tranqüilo da aposentadoria.

É possível que, ao invés do desespero, brote uma esperança (vã), de que as coisas estão um pouco confusas neste momento da história da ciência, talvez neste momento da leitura, quem sabe nesta Aula? Quem sabe um pouco de paciência histórica, uma nova leitura, um livro diferente e tudo passe. A esperança de um reencontro com um mundo de certezas é certamente agradável, especialmente como opção de férias.

Contudo, pode ser que diante destas perguntas e respostas, permaneçam dúvidas (daquelas incômodas, que não nos deixam sossegados) e perguntamos e conversamos com outros, e lemos mais, e questionamos respostas dadas e as próprias perguntas formuladas. Afinal, para um bicho de sete cabeças, talvez muitas cabeças pensando encontrem o prazer de pensar. Esperamos que você tenha entendido que é disso que se trata!

RESUMO

Da Antiguidade (há mais de 2.000 anos) até o século XVI, o problema da origem da vida era resolvido com a crença da geração espontânea, segundo a qual os seres vivos se originariam da matéria bruta pela ação de um princípio ativo. Nos séculos XVII-XVIII, em contraposição ao princípio ativo, foi desenvolvida a ideia de que a combinação de matéria e as leis do movimento poderiam explicar a formação dos seres vivos. Naquele período iniciou-se, então, o debate "Abiogênese versus Biogênese", para explicar a origem da vida. Por volta de 1860, Louis Pasteur resolveu este debate com o famoso experimento dos balões em pescoço de cisne e enunciou, de maneira simples, o triunfo da biogênese: "Nada nasce do nada, tudo que é vivo nasce do previamente vivo". Esta solução do debate gerou outro grande problema: Se tudo que é vivo nasce do previamente vivo, então como surgiu o primeiro ser vivo? A solução deste dilema é dada pela nova formulação do problema construída por Oparin e Haldane. Segundo eles, "nada nasce do nada, tudo que é vivo nasce do previamente vivo", mas eles destacam que isto era válido somente nas condições atuais do planeta. Contudo, a origem da vida se deu em tempos remotos, por volta dos 3,8 bilhões de anos atrás, em condições muito diversas das atuais. A investigação pode, então, prosseguir. Os caminhos seguidos se constituem naquilo que chamamos dilema do ovo (origem da vida com base em compostos moleculares de ácidos nucléicos ou similares) e da galinha (origem da vida com base em compostos moleculares protéicos). Para além desta dicotomia existe, ainda, a possibilidade de pensar a origem da vida desviando o eixo central de discussão do problema de "como a vida se originou" para "como a vida funciona". Os argumentos desses programas de pesquisa e as suas soluções para o problema da origem da vida na Terra são discutidos nesta Aula.

ATIVIDADES FINAIS

1) A teoria de Oparin/Haldane é abiogenética? Por quê?

COMENTÁRIO

Esta questão não era difícil, embora para respondê-la fosse necessário que você tivesse entendido, compreendido a nova visão de Oparin/Haldane e não apenas assimilado, sem reflexão, o que foi dito para você.

2) Independente do fato de ser o ovo, a galinha ou o chocar, porque a questão da herança é um problema para as teorias de origem da vida? Explique.

COMENTÁRIO

Esta atividade era muito simples de responder, embora a complexidade da resposta só possa ser entendida, talvez, com a Aula sobre a teoria evolutiva. De qualquer forma, neste momento só esperávamos que você fosse capaz de reproduzir o argumento.

AUTO-AVALIAÇÃO

Esta aula talvez seja a mais difícil de todas as que você vai enfrentar. Não devido ao seu conteúdo, mas porque foi nela que você tomou contato com o fato de que em Biologia "navegar é preciso, viver não é preciso", ou seja, deixamos o porto seguro das repostas prontas dos livros didáticos e embarcamos na viagem de um conhecimento que é vivo e, portanto, sem respostas prontas. Que é o que se espera do ensino universitário! Portanto, depois desse possível choque, as coisas devem ficar mais simples, pois agora entendemos que estas Aulas são, basicamente, um espaço para pensarmos juntos. Revise as discussões se necessário, mas, fundamentalmente, medite e "afie" o argumento!

INFORMAÇÕES SOBRE O PRÓXIMO CAPÍTULO

Como dissemos nesta aula, a observação das formas atuais de vida indica que mesmo o mais simples dos seres vivos é um sistema altamente complexo. Na próxima aula analisaremos a célula como a unidade morfofisiológica de todos os seres vivos e quais as implicações da Teoria Celular para a Biologia.

REFERÊNCIAS

Andrade, L.A.B. & Silva, E.P. Rex, Diná e Ziper em: O que é vida? Ciência Hoje das Crianças 16(132):19-21, 2003.

Andrade, L.A.B. & Silva, E.P. O que é vida? Ciência Hoje 32(191):16-23, 2003.

Andrade, L.A.B. & Silva, E.P. Por que as galinhas cruzam as estradas? Rio de Janeiro: Vieira & Lent. 2011.

Duve, C. Poeira Vital: A vida como um imperativo cósmico. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.

El Hani, C.N. & Videira, A.A.B. O que é vida? Para entender a biologia do século XXI. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.

Guimarães, R.C. Vida e Seres Vivos. Pp. 75-85. In: Procuram-se Ilusões. São Paulo: Editora Pauliceia, 1994.

Hermes-Lima, M. De volta às origens da vida. Ciência Hoje 12(72):22-27, 1991.

Jacob, F. 1983. A Lógica da vida: Uma história da hereditariedade. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1983.

Kitajima, E.W. Viróides e Prion. Ciência Hoje 3(15):22-23, 1984.

Margulis, L. & Sagan, D. O que é vida?Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002.

Maturana, H. & Varela, F. A árvore do conhecimento. As bases biológicas do entendimento humano. Campinas: Psy II, 1995.

Maturana, H. & Varela, F. De maquinas e seres vivos: Autopoiese- a organização do vivo. Porto Alegre: Artes médicas, 1997.

Monod, J. O acaso e a necessidade. Petrópolis: Editora Vozes, 1976.

Murphy, M.P. & O'Neill, L.A.J. (org.). O que é vida? 50 Anos Depois: Especulações sobre o futuro da Biologia. São Paulo: Editora UNESP, 1997.

Oparin, A. A Origem da vida. Rio de Janeiro: Editorial Vitória Ltda, 1954.

Pereira, B.H.A. & Soncini, M.I.I. Idéias sobre a origem da vida. Revista de Ensino de Ciências 18:10-13, 1987.

Reinach, F.C. Que respostas a biologia tem hoje para o problema da origem da vida? como eram os primeiros seres vivos? Ciência Hoje 6(31):22-23, 1987.

Schröndinger, E. What is life? Cambridge: Canto/Cambridge University Press, 1967.

Varela, F. Autonomie et connaissance. Paris: Seuil, 1989.

Watson, J.D. & Crick, F.H. Molecular structure of Nucleic Acid. Nature 171:737–738, 1953.

2

Célula e Organismo

Metas:

1. Identificar as principais descobertas científicas que levaram à formulação do conceito de célula.
2. Compreender a teoria celular como a primeira demonstração científica de um mundo vivo unificado.
3. Relacionar os conceitos de célula e de organismo.

Objetivo:

Esperamos que após o estudo do conteúdo desta aula você seja capaz de:

1. Identificar as etapas históricas que levaram à construção do conceito de célula.
2. Apresentar os postulados da teoria celular.
3. Definir célula e organismo.

Pré-Requisitos:

Para acompanhar esta aula, é bastante que você tenha lido sobre células e biologia celular nos diferentes livros didáticos do ensino médio.

Guia de Aula:

1. INTRODUÇÃO
2. A INVENÇÃO DO MICROSCÓPIO E A OBSERVAÇÃO DA CÉLULA
3. A CÉLULA NO CONTEXTO HISTÓRICO DOS SÉCULOS XVII E XVIII
4. O NÚCLEO: FUNDAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULA
5. O CONCEITO DE CÉLULA E A PROPOSIÇÃO DA TEORIA CELULAR
6. POSTULADOS DA TEORIA CELULAR
6.1 Para a lacuna, uma ponte: o tempo!
7. A NOÇÃO DE ORGANISMO

1. INTRODUÇÃO

Como você já deve ter notado, ao ler a Aula 1, o nosso principal interesse com este livro, mais do que repetir conteúdos já estudados ou fornecer uma cronologia das descobertas que marcaram a Biologia, é poder contextualizar, historicamente, tais descobertas, mostrando as rupturas que permitiram os avanços metodológicos e conceituais.

Talvez você se pergunte:

O que teria ainda de interessante para ser lido sobre a célula, um assunto tão ensinado e "tão batido" em todas as séries do ensino médio?

A nossa resposta está explícita nos objetivos desta aula: esperamos mostrar-lhe que, muitas vezes, entre a observação de um fato e a formulação de um conceito é preciso um tempo de maturação intelectual que, dependendo do contexto histórico, pode ser curto ou longo. Assim, entre a primeira observação da estrutura morfológica de uma célula vegetal em um pedaço de cortiça, realizada por Robert Hooke, em 1663, até a formulação do conceito de célula e/ou a proposição de uma teoria celular, unificadora de todo o mundo vivo (Schleiden e Schwann, 1838-9), foram necessários 176 anos!

Dito isto, passaremos, então, a descrever, primeiramente, os avanços técnicos que permitiram a invenção do microscópio e a sua utilização para se observar um mundo microscópico, nunca antes visto a olho nu. Em seguida, apresentaremos a evolução do conceito de célula, como um conceito unificador do mundo vivo e, finalmente, discutiremos a noção de organismo, dificilmente tratada nos livros textos do ensino médio e mesmo do universitário.

Robert Hooke

Robert Hooke (1635-1703) foi um naturalista inglês nascido na Ilha de Wright. Seu trabalho era diversificado, incluindo pesquisas em áreas tão diversas, quanto Mecânica (lei da elasticidade), Astronomia (Hooke foi um dos primeiros a observar os anéis de Saturno), Microscopia (onde se inclui a descrição da célula) e Arquitetura (entre os desenhos realizados por Hooke está o do Royal College of Physicians de Londres)

2. A INVENÇÃO DO MICROSCÓPIO E A OBSERVAÇÃO DA CÉLULA

Hans Lippershey

Hans Lippershey (1570-1619) foi um fabricante de lentes nascido na Alemanha. É creditada a ele a criação e disseminação de projetos dos primeiros telescópios práticos. É possível que os telescópios e/ou lentes especiais tenham sido criados antes, mas Lippershey foi o primeiro a aplicar uma patente de seu projeto, tornando o produto disponível para uso geral em 1608

Zacharias Jansen

Zacharias Jansen (1580-1638) foi um fabricante de óculos da Holanda. Por volta de 1590, ele, provavelmente com o auxílio de seu pai, Hans Jansen, projetou e desenvolveu o primeiro microscópio, a partir da montagem de duas lentes em um tubo. Este aparelho tinha a capacidade de ampliar as imagens, permitindo a observação de objetos pequenos, invisíveis a olho nu. Contudo, não há registro que os Jansen tenham utilizado seu invento com finalidades científicas.

Os historiadores da ciência mostram que tanto o telescópio quanto o microscópio foram inventados por artesãos e fabricantes de lentes, sem que os mesmos conhecessem os princípios da óptica ou que estivessem interessados, eles mesmos, em descobrir os segredos dos céus ou desvendar o microcosmo que era, naquele período, totalmente inimaginável. Embora os nomes de artesãos como Lippershey (telescópio) e os Jansen (microscópio) sejam citados, os personagens que mais se destacaram com estas duas invenções foram cientistas que dominaram a técnica de fabricação destes instrumentos e registraram suas observações nas grandes Sociedades Científicas da época, particularmente a "Royal Society" de Londres (1660) e a Academia de Ciências de Paris (1666). Dentre eles se destaca o grande matemático e astrônomo italiano Galileu Galilei (1564-1642) que, dispondo duas lentes em um tubo, fabricou o seu próprio telescópio e conseguiu, pela primeira vez, observar objetos novos, tais como as crateras lunares e as luas de Júpiter. No campo da biologia, fazendo uso do microscópio, destacaram-se o italiano Marcello Malpighi, que observou, pela primeira vez, os capilares sanguíneos presentes nos pulmões de rãs e de vários outros animais; o holandês Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), que observou, pela primeira vez, os microorganismos – denominados por ele "animálculos"; e o inglês Robert Hooke, o primeiro a visualizar, dentre outras coisas de dimensões microscópicas, as estruturas tridimensionais das paredes das células vegetais, em finos cortes de cortiça que, como favos de mel, se assemelhavam às celas dos monges e, por essa razão, foram denominadas "células".

Em 1665, Robert Hooke publicou um pequeno livro, que fez muito sucesso na época, intitulado Micrographia, onde expunha tanto os magníficos desenhos das microestruturas por ele observadas quanto a descrição e a utilização do microscópio, por ele mesmo fabricado (Figura 1).

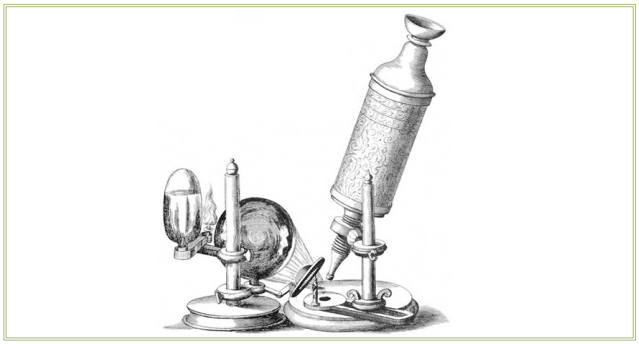


Figura 1 - Microscópio construido e utilizado por Robert Hooke

É notório que Robert Hooke não interpretou aquelas estruturas como uma unidade morfológica e funcional dos seres vivos (o que viria a ocorrer somente 176 anos depois, com a formulação do conceito de célula), mas como poros por onde circulava a seiva das plantas. Eis a sua descrição:

> ***[...] tão prodigiosamente curiosos são os produtos da Natureza que esses poros conspícuos dos corpos, que parecem ser os canais ou tubos através dos quais os succus nutritus, ou sucos naturais dos vegetais, são conduzidos e parecem corresponder às veias e artérias e outros vasos dos animais e que esses poros parecem ser os vasos de nutrição.***

Você pode estar imaginando que a interpretação incompleta de Robert Hooke para o que hoje se entende por célula deveu-se, principalmente, à restrição de seu campo de observação – paredes de células vegetais mortas que compõem e dão forma à cortiça. No entanto, na continuidade de suas observações, Robert Hooke teve a oportunidade de visualizar células vegetais em folhas verdes, ex-vivo, conforme sua própria descrição:

> ***Mas apesar de não ter conseguido descobrir, com o meu microscópio [...] uma passagem de uma dessas cavidades a outra, não posso, no entanto, concluir que elas não existam, através das quais o succus nutritus, ou sucos próprios dos vegetais, possam passar; pois em muitos desses vegetais, quando ainda verdes, eu pude descobrir claramente com o meu microscópio que suas células ou buracos são preenchidos de suco que suam gradativamente; como eu observei também na madeira verde [...] que no carvão vegetal parecem conter apenas ar.***

É preciso ressaltar que vários outros cientistas também tiveram a oportunidade de observar inúmeros tipos celulares em tecidos animais e vegetais, vivos ou ex-vivos, sem, no entanto, chegarem a uma generalização ou a uma formulação que se aproximasse do conceito moderno de célula. Dentre estas observações destacam-se: glóbulos sanguíneos de diversos vertebrados e invertebrados (Leeuwenhoek); espermatozóides (Hamm); células piramidais do córtex cerebral (Malpighi) e várias células vegetais (Dutrochet). A pergunta que se coloca, então, e que mais nos interessa nesta Aula é a seguinte:

> ***O que teria dificultado a generalização e, assim, retardado a formulação de um conceito de célula?***

Marcelo Malpighi

Marcello Malpighi (1628-1694) foi um médico italiano que usou a microscopia para estudos do rim, fígado, etc. Seu primeiro trabalho científico, publicado em 1661, foi sobre a anatomia do pulmão de um sapo, estudo que o levou à descoberta dos capilares. Seus estudos eram dedicados, também, à embriologia, área para a qual contribuiu muito com seu trabalho.

Ludwig Hamm

Ludwig Hamm foi um estudante holandês, de Anton van Leeuwenhock. Parece que foi ele o responsável pela primeira observação dos espermatozóides, em 1677. Foi somente no século XIX que os espermatozóides foram associados à reprodução humana. Quando da sua primeira observação, os espermatozóides foram denominados "animálculos".

René Dutrochet

René Joachim Henri Dutrochet (1776-1847), francês, foi um médico, botânico e fisiologista. Dentre seus estudos encontram-se a descrição da osmose, da respiração, da embriologia e dos efeitos da luz sobre as plantas

Esta pergunta tem suscitado várias respostas, dentre as quais destacamos as seguintes: (a) pouca resolução e baixa qualidade das imagens produzidas pelos microscópios da época, (b) poucos microscopistas interessados em questões relativas à vida, (c) pouca circulação de ideias e conhecimentos. Ainda que as respostas anunciadas anteriormente possam ter contribuído para gerar o grande intervalo de tempo (alguns dizem atraso) que separa a primeira observação da formulação do conceito de célula, acreditamos que este hiato conceitual é mais de natureza epistêmica, do que teórica ou prática. Senão vejamos:

(a) Ainda que seja possível detectar um grande avanço técnico nos microscópios, já no final do século XVIII, com a melhoria de seu poder de resolução, o conceito de célula surgiu antes do aperfeiçoamento significativo deste instrumento, no início do século XX. Há de se ressaltar, portanto, que não foram as visualizações mais detalhadas da estrutura celular e/ou da própria célula individualizada que permitiram o salto epistêmico da observação para o conceito. A retrospectiva histórica sugere que foi preciso retirar algumas "viseiras conceituais" para que os cientistas pudessem visualizar um novo objeto de estudo – a célula.

(b) Ainda que o número de cientistas de outrora fosse bem menor do que o de agora, a literatura não nos autoriza afirmar que entre 1663 e 1839 havia tão poucos microscopistas interessados em identificar as microestruturas constitutivas do ser vivo. Ao contrário, é grande o número de observações e de registros, com desenhos ricos em detalhes, de vários tipos de tecidos vegetais e animais incluindo, indubitavelmente, as células, chamadas então de "poros microscópicos", "utrículos", "sáculos", "bolhas", "bexigas" ou mesmo "células" - como nome, mas não como conceito.

Embora os veículos de divulgação científica de outrora (séculos XVII a XVIII) não tivessem a variabilidade de suporte e os canais dos dias de hoje (havia o texto impresso e a comunicação oral), pois contamos, atualmente, com centenas de revistas científicas, jornais e livros impressos e eletrônicos, internet, etc., não podemos afirmar que a curiosidade científica de outrora era menor do que a de agora. Tampouco podemos afirmar que os esforços para se registrar as grandes descobertas ou reconhecer os grandes descobridores, sendo eles cientistas ou amadores, eram relativamente menores do que os de hoje. O caso de Leeuwenhoek é emblemático, neste sentido. Ele era holandês, mercador de tecidos e não sabia falar nem escrever em outro idioma que não na sua própria língua materna. A história mostra que ele fabricou suas próprias lentes e, girando-as para o mundo vivo, observou fascinado, uma quantidade enorme de diferentes tipos de microorganismos que pululavam em todo tipo de meio úmido ou aquático. Suas descobertas foram registradas e divulgadas através de mais de uma centena de cartas (escritas em holandês), endereçadas a Royal Society de Londres que, pronta-

mente, reconheceu a originalidade e primazia das descobertas de Leeuwenhoek. Estas cartas foram traduzidas e divulgadas para todos os membros daquela sociedade científica. Podemos concluir, então, que os 176 anos de espera para a formulação do conceito de célula não pode ser explicado pela dificuldade de comunicação das informações científicas.

EPISTEME

Episteme é uma palavra de origem grega que se distingue de Doxa (opinião) e Techne (técnica) e se refere ao conhecimento ou ciência.

Se estas proposições, isoladas ou em conjunto, são insuficientes para explicar o abismo conceitual que separa a célula de Hooke (1663) da célula de Schleiden e Schwann (1838-9), como explicar esta mudança? Como explicar que a utilização de um mesmo instrumento – o microscópico - direcionado para um mesmo objeto - a célula - foi capaz de produzir um conhecimento novo em um tempo e não no outro? Acreditamos que foi necessária, para esta mudança conceitual, uma nova forma de olhar e de observar possibilitada por um contexto histórico de ruptura epistêmica ou, como nos ensina o historiador e filósofo da ciência Thomas Kuhn, por um novo paradigma.

3. A CÉLULA NO CONTEXTO HISTÓRICO DOS SÉCULOS XVII E XVIII

Os historiadores da ciência apontam o século XVII como o início de grandes mudanças na forma de se fazer a investigação científica. São deste período as publicações do "Novum Organum" (1620), por Francis Bacon, e o "Discurso do Método" (1637), por René Descartes (ver Aula 7 - Biologia e Conhecimento), obras que enfatizaram a importância da experimentação quantitativa. Este novo modo de fazer ciência já havia sido utilizado por Galileu (1564-1642), anteriormente, no campo da física, e por William Harvey (1578-1657), no campo da biologia, com a demonstração quantitativa da circulação sanguínea (1628). As observações de Harvey levaram-no a concluir que o sangue passava das artérias para as veias através de alguma estrutura (os capilares) que, à época, ele não podia ver, mas podia postular. Tal estrutura foi, posteriormente, descrita por Malpigui, com o auxílio do microscópico.

Thomas Kuhn

Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) foi um físico estadunidense, mais conhecido pelo seu trabalho com a história e filosofia da ciência. Seu primeiro livro foi "A Revolução Copernicana", publicado em 1957. Mas foi com a publicação de "A Estrutura das Revoluções Científicas", em 1962, que Kuhn se tornou conhecido não mais como físico, mas como epistemólogo. Segundo Kuhn, a ciência se desenvolve a partir de um ciclo, que envolve as seguintes fases: estabelecimento de um paradigma (uma teoria geral pela qual interpretamos os dados), ciência normal (atividade científica praticada no interior de um paradigma), crise (acúmulo de problemas que a teoria não é capaz de resolver) e revolução científica (quando um novo paradigma substitui o anterior). Dessa forma, Kuhn propõe que a ciência não progride por acumulação de conhecimentos, mas a partir do abandono de formas especificas de ver e interpretar os dados (as "viseiras conceituais" referidas no texto) em detrimento de outras. Ou seja, diferentes paradigmas trazem mudanças dramáticas na linguagem com a qual descrevemos os dados, na forma como fazemos nossas observações e organizamos nossos experimentos. Portanto, segundo Kuhn, a mudança de paradigmas se constitui mesmo numa revolução, o salto epistêmico mencionado no texto.

Francis Bacon

Francis Bacon (1561-1626) foi um filósofo inglês. Seu trabalho estabeleceu e divulgou o método indutivo, como fundamental para o método científico. Além da filosofia, Bacon se dedicou à política, à ciência e ao direito.

William Harvey

William Harvey (1578-1657) foi um médico inglês, sendo o primeiro, no mundo ocidental, a descrever corretamente e em detalhes o sistema circulatório, inclusive o fato de que o sangue é bombeado para todo o corpo pelo coração

Nehemiah Grew

Nehemiah Grew (1641-1712) foi um médico e botânico britânico. Seus trabalhos em botânica versam sobre fisiologia e anatomia dos vegetais. Grew também é considerado um dos pioneiros da dactiloscopia, tendo sido o primeiro a descrever as borda, as elevações (papilas), os sulcos e os poros existentes nas superfícies das mãos e dos pés.

Como visto na aula anterior, também faz parte deste período histórico o importante debate sobre a geração espontânea que, pela sua importância em nossa discussão sobre as células, particularmente com relação à origem das mesmas, será retomado mais adiante.

No século XVIII ("o século das luzes"), quando os filósofos e os cientistas reagiram contra a hegemonia da teologia, levando o racionalismo a triunfar sobre as superstições, destacam-se as experiências de Spalanzani (1729-1799), combatendo a idéia da geração espontânea (aula anterior); os avanços nos campos da embriologia e da fisiologia; e a melhoria no conhecimento acerca da flora e da fauna das regiões afastadas do epicentro europeu, através das grandes expedições dos naturalistas.

ILUMINISMO

Século das luzes, Iluminismo, Esclarecimento ou Ilustração designam a época da história intelectual ocidental que tem início definido habitualmente no século XVIII. O término do período é, por sua vez, habitualmente assinalado em coincidência com o início das Guerras Napoleônicas (1804-15).

No que tange ao conhecimento das células, foco principal desta Aula, é importante destacar que o poder de resolução dos microscópicos fabricados até então não permitiam discriminar se os tecidos vegetais eram formados por blocos individualizados (células), como era advogado pelo microscopista italiano, Marcello Malpigui, ou por uma espécie de rede, na qual as células não passavam de meras cavidades, como acreditava o botânico inglês, Nehemiah Grew. A solução para este debate só findou com o trabalho de Gottfried Treviranius, que conseguiu, em 1805, separar as células do tecido vegetal, mostrando a individualidade das mesmas.

É importante que você compreenda, neste contexto histórico, que estamos longe de uma generalização, pois o que era facilmente visto no tecido vegetal – a espessa parede celulósica – não existe na célula animal, delimitada por uma fronteira muito tênue, a membrana celular, que pouco se deixava ver de tão delgada. Deve ser por isso que, mesmo depois da descoberta dos glóbulos do sangue, descritos quase na mesma época em que se observaram as células vegetais, poucos esforços foram feitos para esclarecer as funções destes glóbulos. Era evidente para a comunidade científica da época a grande diferença entre animais e vegetais e, assim, nada do que era observado nos tecidos animais, como os glóbulos circulantes do sangue, poderia ser ou estar relacionado com os tecidos vegetais, por exemplo, as células de Hooke. Tanto é assim que, durante o século XVIII, os glóbulos nunca foram chamados de células. Os globulis-

tas, assim denominados os cientistas que estudavam os glóbulos dos tecidos animais, chegaram a identificar glóbulos em outros tecidos além do sangue, mas não conseguiram fazer uma síntese ou uma generalização que, mesmo acanhada, apontasse o glóbulo como uma unidade formadora de todos os tecidos animais. Os historiadores chegam mesmo a dizer que sob o mesmo nome de glóbulo se encontravam células, gotas lipídicas, grãos e o próprio núcleo, que ainda não havia sido devidamente identificado e nomeado. Somam-se a esta deficiência teórica, as ilusões provocadas pelas lentes objetivas cromáticas que, produzindo um halo de refração sob o objeto observado, fazia com que tudo que se observasse parecesse um glóbulo. Estas distorções só foram corrigidas a partir de 1820, com a introdução das lentes objetivas acromáticas.

Françoise Jacob

François Jacob (1920), biólogo francês, que juntamente com Jacques Monod, criou o modelo de operon-lac para explicar a regulação gênica. Ganhou, em 1965, o Prêmio Nobel de Medicina.

É possível afirmar hoje, com certa distância histórica, que os cientistas que estudavam as plantas e os animais não estavam preocupados com as células, elas mesmas, mas com os tecidos ou as fibras, nos quais eles acreditavam residir a força vital e a fonte da matéria formadora dos corpos. Isto pode ser deduzido pelos seguintes comentários, aqui transcritos do livro A Lógica da Vida, de François Jacob:

> ***Para o fisiologista Haller, um ser é composto em parte por pequenas fibras e em parte por um número infinito de pequenas lâminas, que por suas direções diferentes cortam pequenos espaços, formam pequenas áreas, unem todas as partes do corpo [...] Ela representa para o fisiologista o que a linha é para o geômetra. A menor fibra, ou a fibra simples, que a razão mais que os sentidos nos faz perceber, representa o limite teórico na análise anatômica, o que deve ser encontrado na ponta do escalpelo, quando se dissociam os músculos, os nervos e os tendões.***
>
> ***Só existe um tipo de fibra para constituir todos os tecidos. O que dá a um órgão sua dureza ou flexibilidade, sua elasticidade ou sua rigidez, é a maneira como as fibras se entrelaçam, é a disposição de suas malhas mais ou menos fechadas, mais ou menos cheias de líquido.***

Albrecht Von Haller

Albrecht Von Haller (1708-1777), médico, poeta e naturalista, nascido na Suíça. Seu trabalho foi dedicado, principalmente, à botânica e à fisiologia. Haller também era muito interessado em questões de cunho religioso.

Philippe Pinel

Philippe Pinel (1745-1826) foi um médico francês. Foi o primeiro médico a tentar descrever e classificar algumas perturbações mentais. É considerado por muitos o pai da psiquiatria.

Se para Haller o constituinte elementar que formava todos os tecidos dos seres vivos era a fibra, para Pinel e Bichat, famosos fisiologistas franceses, a natureza única das fibras não podia tudo explicar, ainda mais que os tecidos de um mesmo organismo possuíam funções diferentes. A menor reflexão basta, dizia Bichat, para conceber que estes órgãos devem diferir, não somente pela maneira como estão dispostas e entrecruzadas as fibras que os formam, mas também pela própria natureza destas fibras. O que confere a um órgão as suas propriedades não é a fibra, mas a especificidade do tecido que o constitui.

Marie Xavier Bichat

Marie François Xavier Bichat (1771-1802), anatomista e fisiologista francês. É considerado por muitos como o pai da moderna histologia e patologia. Foi o criador da definição de tecido e era um vitalista.

Para Xavier Bichat, um corpo vivo deveria estar preenchido por diferentes tecidos e por diferentes camadas de tecido, lâminas de membrana, que se estendem por muitos órgãos e cortam o espaço do corpo em grandes domínios funcionais. Cada elemento, cada estrutura é cortada em um tecido como uma roupa é cortada em uma fazenda. Os tecidos constituem as matérias-primas destinadas, cada uma delas, à execução de uma função específica. Existem tecidos para cartilagens ou para glândulas, como existem fazendas para camisas ou casacos. O próprio termo tecido indica uma continuidade da estrutura e, por extensão, do ser vivo. Compreende-se assim, por exemplo, todo o esforço de Bichat para preparar, identificar, caracterizar e nomear 21 tecidos humanos diferentes.

4. O NÚCLEO: FUNDAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULA

Matthias Schleiden

Matthias Jakob Schleiden (1804-1881) foi um botânico alemão e co-fundador da teoria celular, juntamente com Schwann. Escreveu o trabalho "Contributions to Phytogenesis" (1838). Schleiden foi um dos primeiros biólogos alemães a aceitar a Teoria Evolutiva de Charles Darwin.

Theodor Schwann

Theodor Schwann (1810-1882) foi um zoólogo alemão e co-fundador da teoria celular, juntamente com Schleiden. Foi ele quem descobriu a enzima pepsina, a natureza orgânica das leveduras e quem cunhou o termo metabolismo.

Embora os microscopistas dos séculos XVIII e XIX tenham identificado uma substância gelatinosa comum entre as células vegetais e animais e a tenham denominado por vários nomes (câmbio, mucilagem, tela formativa, substância estrutural, muco, parênquima, sarcode, citoblastema indiferenciado), esta substância, que hoje denominamos protoplasma (que significa a primeira coisa criada), não obteve tanta atenção quanto o núcleo, como peça fundamental para a formulação do conceito de célula e a proposição da teoria celular. Para Schleiden e Schwann, o muco (ou o citoblastema indiferenciado) tinha um papel secundário, mas o núcleo, este sim, era a maior evidência da homologia entre as células dos dois reinos, vegetal e animal, tanto pela sua aparência e forma estrutural (auréola opaca), quanto pela sua função organizadora na formação de novas células, como eles acreditavam.

Mesmo que o núcleo, tão evidente no interior da célula, não tivesse passado despercebido, desde as primeiras visualizações de vários microscopistas, poucos autores suspeitaram de sua importância ou fizeram investigações sistemáticas para identificar o seu papel na célula. Somente em 1831, com o trabalho cuidadoso do botânico e microscopista escocês, Robert Brown, esta estrutura ganhou o nome de núcleo, conforme as palavras do próprio autor:

[...] em cada célula da epiderme de grande parte desta família [Orchi-

daceae], especialmente aquelas com folhas membranosas, é observada uma auréola única, circular, geralmente mais opaca que a membrana da célula [...] Esta auréola, ou núcleo da célula, como talvez deva ser chamada, não é confinada na epiderme, sendo também encontrada [...] em muitos casos, no parênquima ou nas células internas do tecido.

Apesar do uso do termo "núcleo" não se estabelecer na comunidade científica de uma só vez, a partir de 1836 esta estrutura e o termo cunhado por Brown começam a aparecer, regularmente, em quase todos os trabalhos que tivessem as células ou os tecidos como objeto de estudo, incluindo os tecidos humanos. Estava assim preparado o cenário no qual surgiria a hipótese de Schleiden e Schwann, na qual o núcleo não era só um elemento estrutural de todas as células, animais e vegetais, mas também o componente fundamental para a formação de uma nova célula. Desta hipótese nasceria um amplo programa de pesquisa e a base teórica que culminaria em uma das mais importantes generalizações no campo da biologia, o conceito de célula, a teoria celular e, como decorrência, a unificação do mundo vivo.

Robert Brown

Robert Brown (1773-1858) foi um botânico escocês. Seu trabalho inclui a sistemática, palinologia, bem como o uso sistemático da microscopia para estudos botânicos. Além disso, é dele a descrição do núcleo e a observação do movimento browniano.

5. O CONCEITO DE CÉLULA E A PROPOSIÇÃO DA TEORIA CELULAR

No prefácio de um Tratado escrito por Theodor Schwann, em 1839, intitulado "Microscopic Investigations on the Accordance in the Structure of Plants and Animals", o autor afirma categoricamente que Mattias Schleiden havia lhe confiado, em 1837, os seus principais resultados sobre a estrutura das plantas, antes mesmo da publicação do seu famoso artigo intitulado "Contributions to Phytogenesis", de 1838, no qual Schleiden, não somente afirmava sua importante conclusão sobre a estrutura celular dos vegetais, como tentava ainda, explicar a racionalidade de sua generalização.

Johannes Müller

Johannes Peter Müller (1801-1858), fisiologista, anatomista e ictiologista alemão. Müller ficou conhecido não só pelo seu trabalho científico, mas também pela sua capacidade de realizar grandes sínteses do conhecimento produzido nos laboratórios. Dessa forma, é reconhecido também como um educador, ou na concepção mais moderna, como um divulgador da ciência.

Tudo indica que o encontro entre Schneider e Schwann não foi fortuito, haja vista que ambos estiveram juntos, como estudantes, no Laboratório de Johannes Muller, grande fisiologista e educador e, já como profissionais, mesmo trabalhando em diferentes áreas da biologia (botânica e fisiologia), compartilhavam pontos de vista de grande densidade teórica, como aquele sobre a origem das células que, mais tarde, viria a ser demonstrado como equivocado.

A história da formulação do conceito de célula por estes dois pesquisadores

alemães, Schleiden e Schwann, revela uma mensagem interessante sobre a construção do conhecimento científico que gostaríamos de compartilhar com você. Qual é então esta mensagem? Pedimos um pouco de sua paciência para, primeiramente, contar a história e, logo depois, explicitar a mensagem. Então vamos lá...

A biografia de Schleiden mostra que ele era bastante eclético quanto aos seus interesses acadêmicos e profissionais. Formou-se em advocacia, mas logo decidiu abandonar esta profissão para se dedicar à botânica, tornando-se um dos mais eminentes botânicos do seu tempo. Exerceu o magistério em várias universidades, ministrando cursos de botânica, história natural, farmacologia, microscopia, fisiologia e mesmo antropologia, já no final da carreira.

Com essa formação eclética e ampliada, não é de se estranhar que Schleiden tenha se posicionado face ao grande debate entre o vitalismo e o mecanicismo, como explicação para a geração da vida. Concentrado em seu trabalho experimental, ele transferiu esta questão para a geração da célula, pensando com isto explicar o processo de formação e organização dos vegetais. Negando qualquer tipo de força vital (vitalismo), ele concebeu a formação da célula como um processo de dentro para fora, como uma sobreposição de camadas a partir de um conjunto inicial de grânulos. Para Schleiden, a célula acumularia inicialmente uma grande quantidade de material nutritivo que, gradativamente, seria dissolvido numa goma. Esta, por sua vez, se tornaria mais opaca, formando grânulos maiores e mais definidos, até formar o citoblasto (núcleo). Depois da formação do núcleo, apareceria uma vesícula delicada e fina sobre sua superfície, em torno da qual seria depositada outra camada, constituindo o que atualmente denominamos protoplasma. Seguindo esta lógica, Schleiden acreditava que o desenvolvimento do vegetal como um todo derivava do crescimento de suas partes (folhas, raízes, caule), e que o crescimento de cada uma destas partes dependia da geração de novas células, dentro das já existentes, sendo o núcleo o organizador deste crescimento progressivo. Essa idéia guiou todo o seu trabalho, inclusive as suas observações à luz do microscópio. Explica-se, assim, a rejeição que ele fazia ao processo de divisão celular, proposto por Von Mohl, no qual a membrana externa se invaginaria para o interior da célula, transformando uma única célula em duas unidades separadas, sem a participação aparente de qualquer estrutura interna da unidade inicial. Este processo de fora para dentro, de uma força desconhecida empurrando a membrana para dentro, não agradava a Schleiden por duas razões. Aceitar uma força desconhecida neste processo era dar margens a uma interpretação vitalista (força vital) e, por outro lado, isto contrariava o que ele advogava - o papel central do núcleo na geração de novas células.

Hoje se sabe que Schleiden estava equivocado quanto ao mecanismo de repro-

Hugo Von Mohl

Hugo Von Mohl (1805-1872) foi um botânico alemão. A palavra protoplasma foi uma sugestão sua, bem como a primeira descrição do comportamento do protoplasma na divisão celular. Esta descrição feita por Mohl teria papel decisivo na refutação da hipótese de Schleiden para origem das células, como um processo de dentro para fora, a partir de uma sobreposição de camadas sobre um conjunto inicial de grânulos.

dução das células, mas correto quanto ao papel importante do núcleo neste processo, ainda que a atuação fosse muito diferente da forma como ele imaginava. Mesmo partindo desta premissa falsa sobre o mecanismo de formação de novas células, Schleiden fará a generalização que lhe tornou famoso: as células são as unidades constitutivas dos vegetais.

A entrada de Theodor Schwann neste cenário seria decisiva, pois ele iria apoiar a idéia de Schleiden sobre a formação das células, em contraposição a outra explicação - a divisão celular - proposta por Mohl, mas, sobretudo, porque ele iria ampliar a generalização que Schleiden fizera sobre a constituição celular dos vegetais para o reino animal. Este apoio seria decisivo, uma vez que Schwann carregava consigo um amplo trabalho experimental, uma abrangente revisão bibliográfica e uma densa formação teórica.

Talvez você esteja se perguntando agora, mas qual é a mensagem sobre a construção do conhecimento científico que eu deveria saber? Precisamos de um pouco mais de paciência para, ao apresentá-la, pouco a pouco, saciar, também, pouco a pouco, a sua curiosidade. Partindo da premissa que você aceitou esta nossa solicitação, continuaremos nossa história evocando o papel de outros autores, que também atuaram neste mesmo cenário.

A primeira coisa a ser dita, ou lembrada, é a de que vários microscopistas já haviam constatado a presença de células justapostas, isoladas e/ou circulantes em quase todos os tecidos vegetais e animais (Brown, Dutrochet, Grew, Hooke, Leeuwenhoek, Malpighi, Meyen, Mohl, Muller, Oken, Treviranius), mas nenhum deles chegou a formular, CONVINCENTEMENTE, uma generalização tão ampla como a teoria celular, proposta por Schleiden e Schwann. Escrevemos o CONVINCENTEMENTE em maiúsculas para apontar uma questão frequente nas discussões que permeiam a história da ciência, qual seja, nem sempre a primazia e os louros de uma grande descoberta se revertem para o primeiro a anunciá-la. Esta é a primeira parte da mensagem que gostaríamos de compartilhar com você. Para exemplificar o que estamos afirmando, transcreveremos as palavras de Oken, em um trabalho de 1805, afirmando que "os organismos são gerados a partir de pequenas bexigas ou células" e os dizeres de Dutrochet, em dois artigos, datados de 1824 e 1837, respectivamente, e de Meyen, datado de 1830, todos anteriores à síntese feita por Schleiden e Schwann, em 1838-9. Eis então uma breve transcrição destes autores:

Lorenz Oken

Lorenz Ockenfuss (1779-1851), mais conhecido como Lorenz Oken, foi um naturalista alemão. Seu trabalho estendeu para as ciências naturais as idéias do filósofo Immanuel Kant.

> ***[...] em todo lugar encontram-se apenas corpúsculos globulares nos órgãos animais, ora unidos em séries lineares e longitudinais, ora em aglomerações confusas (Dutrochet, 1824).***

Franz Julius Meyen

Franz Julius Ferdinand Meyen (1804-1840) foi um médico e botânico alemão. Ele escreveu em 1830, "Phytotomie", a primeira revisão sobre anatomia das plantas.

[...] as células vegetais ocorrem tanto isoladas, de modo a formar um indivíduo singular, como no caso de algumas algas e fungos, quanto unidas para formar massas maiores ou menores que constituem uma planta mais altamente organizada. Mesmo neste caso, cada célula forma um todo independentemente e isolado, ela alimenta-se a si mesmo, constrói-se a si mesma e elabora a matéria bruta nutritiva que é tomada para a formação de diferentes substâncias e estruturas (Meyen, 1830).

[...] Que variedade de qualidades físicas e químicas das substâncias secretadas pelas células que compõem o parênquima dos frutos, dos caules, das raízes, folhas e flores em todas as plantas espalhadas pela superfície do globo! É difícil acreditar que tal diversidade surpreendente de produtos possa ser o resultado do trabalho de um só órgão, a célula. Este órgão, surpreendente, quando comparado em sua extrema simplicidade com a extrema variedade de sua natureza íntima, é verdadeiramente a peça fundamental na organização geral; tudo, evidentemente, deriva da célula no tecido orgânico das plantas e, agora, observações provam que o mesmo ocorre com os animais (Dutrochet, 1837).

Talvez você se pergunte agora: por que o conceito de célula, ou a teoria celular, não está hoje associado a algum destes autores, em arranjos como: Dutrochet & Oken; Dutrochet, Schleiden & Schwann; Dutrochet, Meyen, Schleiden & Schwann? A resposta para esta pergunta é a outra parte da mensagem que nós gostaríamos de compartilhar com você, qual seja: uma explicação para alguma coisa, só é explicação se ela for aceita por alguém. Ou seja, não basta propor um mecanismo para explicar uma coisa, é necessário que este mecanismo seja aceito por alguém, no caso da ciência este "alguém" é a comunidade científica de uma determinada época. De certa maneira, as publicações e a aceitabilidade de uma proposição ou

teoria proposta por um autor têm sempre de passar pelo crivo dos seus pares, outros cientistas, que fazem uma série de exigências como, por exemplo, a coerência interna nos resultados apresentados e uma argumentação teórica que a sustente.

No caso que estamos discutindo, não bastava uma afirmação esparsa em um texto (Oken), ou mesmo um número elevado de observações microscópicas, demonstrando a presença de corpúsculos globulares em vários tecidos. Para que estas afirmativas fossem aceitas pela comunidade científica era preciso um algo mais, mesmo porque, já se sabia que as lentes cromáticas produziam um tipo de refração e uma ilusão de óptica que arredondava tudo o que se observava ao microscópio.

Qual foi o aporte de Schwann para que a comunidade científica aceitasse a teoria celular? Qual foi então este diferencial? A resposta parece estar relacionada a vários fatores que, juntos, produziram um contexto histórico favorável para aceitação da teoria celular pela comunidade científica. Dentre estes fatores destacamos alguns:

1 - Formulação de uma boa pergunta – chamamos a sua atenção para a pergunta, pois ela guia nossa observação. Não adianta conhecer várias técnicas para ser um bom cientista, é preciso, antes de tudo, saber fazer a pergunta certa. Um bom exemplo, restringindo à discussão travada nesta Aula, é a diferença entre a observação da célula de Hooke e a de Schleiden. Embora eles pudessem ver o mesmo objeto, observavam coisas diferentes, pois suas perguntas eram diferentes. Hooke estava preocupado em explicar as propriedades físicas da cortiça (elasticidade e flutuabilidade) e Schleiden, a constituição dos vegetais.

2 - Realização de um programa mais sistemático de pesquisa e não

de uma observação esparsa – Schleiden e Schwann foram estudantes e assistentes de Johannes Muller e devem ter aprendido com ele a importância da autodisciplina e da persistência no trabalho laboratorial. Somado a isto, ambos tinham uma sólida formação biológica, dominavam muito bem a técnica de microscopia, tinham idéias próprias e souberam realizar, mesmo que separadamente, mas de forma complementar, um amplo programa de pesquisa sobre um mesmo tema (a importância do núcleo para formação das células) que abrangia tanto o reino vegetal quanto animal.

3 - Coerência interna entre os resultados obtidos dentro da própria pesquisa, assim como, com os resultados obtidos em outras pesquisas. No período no qual Schleiden e Schwann estavam abordando a questão sobre as células, já existia um corpo enorme de conhecimento sobre elas. Já se sabia, por exemplo, que elas estavam presentes em vários tecidos animais e vegetais, que possuíam núcleo, membrana, etc. No entanto, à medida que as técnicas de microscopia eram aperfeiçoadas, ficavam evidentes, também, as diferenças entre as células que eram observadas, nos diferentes tecidos animais e vegetais. Seria Schwann, mais do que Schleiden, quem daria coerência interna àquela aparente dissimilaridade entre os diversos resultados, assumindo, a partir de sua forte formação em embriologia, que as diferenças eram produto de uma diferenciação e especialização celular, própria de cada tecido, mas que todas as células eram similares, até que sofressem este processo. Assumindo este princípio lógico, ele explicaria até mesmo a composição celular de tecidos nos quais dificilmente se visualizavam células como, por exemplo, o tecido ósseo.

4 - Desenvolvimento de um arcabouço teórico no qual os resultados se enquadrem numa linha ou malha lógica. Acreditamos que o arcabouço teórico construído e compartilhado por Schleiden e Schwann tenha sido o diferencial para a ruptura epistêmica provocada pela síntese (generalização) que ambos fizeram em seus diferentes campos de estudo. No âmbito mais vasto das duas correntes que tentavam explicar o fenômeno vital (vita-

lismo versus mecanicismo), eles eram mecanicistas e, portanto, buscavam suas respostas nas forças imanentes da matéria orgânica, negando qualquer força transcendente, como o élan vital. Por isso, rejeitaram o mecanismo explicativo da divisão celular (pensada como um processo de fora para dentro, passível de uma interpretação vitalista), para propor um processo iniciado a partir do interior (os grânulos e o núcleo). O problema é que ao propor o mecanismo de formação das células de dentro para fora, a partir de grânulos, ou mesmo do núcleo, eles se aproximavam de uma posição, ou corrente, também negada por eles – a geração espontânea. Esta contradição será resolvida com uma nova síntese, elaborada principalmente por Schwann. Ele defenderá a existência de uma força própria ao ser vivo, mas que não tem nada de transcendente à matéria. Esta força interna, imanente, que será sua síntese para a contradição entre o vitalismo e mecanicismo, nada mais é do que a organização. Assim dizia ele:

> ***[...] Um corpo organizado não é produzido por um poder guiado em suas operações por uma idéia (princípio teleológico), mas é desenvolvido, de acordo com as leis cegas da necessidade, por poderes que, como aqueles da natureza inorgânica, são estabelecidos pela própria existência da matéria [princípio físico].***

É com este arcabouço teórico, contextualizado historicamente, que estes dois importantes biólogos - Schleiden e Schwann - constroem o conceito de célula como unidade autônoma, estrutural, fisiológica e constitutiva de todos os seres vivos e propõem a teoria celular, unificando estruturalmente, pela primeira vez, todo o mundo vivo.

Acreditamos que, agora, possamos apresentar os postulados da teoria celular propostos por Schleiden e Schwann (1838-9) e que você, com a leitura deste texto, possa interpretá-los, criticamente. Esperamos que tenhamos tornado evidente para você que estes postulados foram construídos historicamente, tanto pela contribuição de vários autores, quanto pelo esforço laboratorial e intelectual destes dois expoentes da Biologia – Schleiden e Schwann.

6. POSTULADOS DA TEORIA CELULAR

1 - Todas as partes das plantas e animais são celulares ou derivam de células.

2 - As células originam-se por deposição de materiais.

3 - As células são autônomas e, embora cada célula seja influenciada por suas vizinhas, a vida do todo é produto, e não causa, da vida dos elementos celulares.

ATIVIDADE - 1

À luz do que você leu e de seus conhecimentos sobre a célula, faça um comentário crítico sobre cada um dos três postulados da teoria celular, proposta por Schleiden e Schwann em 1938-9.

COMENTÁRIO

Como você deve ter observado, a partir de suas leituras e interpretação crítica, o segundo postulado da teoria celular, afirmando que "a origem das células é devida à deposição de materiais", está errado. Embora este erro não comprometa a generalidade da teoria celular, ou seja, a célula como unidade constitutiva e unificadora do mundo vivo, ficava, ainda, uma lacuna teórica sobre a origem das células.

6.1 Para a lacuna, uma ponte: o tempo!

É importante ressaltar que embora o empreendimento teórico de Schleiden e Schwann tenha sido imenso, a audácia de generalizar, para além das observações realizadas e possíveis naquele momento, as células como unidades morfofisiológicas de todos os seres vivos, faltava, ainda, resolver, além da questão da constituição elementar dos seres vivos, outro problema biológico fundamental – o mecanismo da reprodução. Como já discutimos aqui, o mecanismo defendido por Schleiden e Schwann estava errado!

Coube ao patologista alemão Rudolf Virchow a solução deste problema. Deslocando o centro da doença dos tecidos para as células, Virchow defendeu a divisão celular previamente proposta por Mohl e, ainda, abriu caminho para as pesquisas que buscavam compreender o que levava a alteração de uma célula sã para uma patológica. Foi o próprio Virchow que cunhou o aforismo "omne cellula ex cellula", ou seja, toda célula provém de outra célula. Acrescido aos dois postulados remanescentes da teoria celular, ele consolida esta teoria acrescentando a questão do tempo. Ou seja: a continuidade estrutural dos seres vivos (todos os seres vivos são compostos de células) e sua continuidade através das gerações pela reprodução (toda

célula provém de outra célula). Embora o nome de Virchow seja, geralmente, ignorado na autoria da teoria celular, consideramos que ele teve uma contribuição muito importante para a sua consolidação definitiva.

Rudolf Karl Virchow

Rudolf Ludwig Karl Virchow (1821-1902) foi um médico alemão, referido, hoje, como pai da patologia. Seus interesses e trabalho cobrem as áreas da antropologia, política, patologia, saúde pública e medicina social. Virchow se opunha a idéia da ancestralidade, comum entre humanos e macacos.

A afirmação de que os seres vivos são constituídos de células pode nos parecer, hoje, muito simples e trivial. Contudo, ela desencadeou uma revolução paradigmática, pois no plano conceitual, unificava, pela primeira vez, todo o mundo vivo, e no plano pragmático da própria ciência da vida, fundava novos programas de pesquisa como a citologia, a patologia celular, a bioquímica e vários outros. A conquista teórica da teoria celular não é pequena e é só a partir dela que, agora, o mundo vivo pode ser reconhecido como uma unidade dentro da diversidade.

7. A NOÇÃO DE ORGANISMO

Pense um pouco conosco: o que faz com que certa quantidade de grãos de areia seja considerada um monte de areia? Um único grão de areia não é um monte, dois grãos tampouco, qual é o número de grãos de areia que faz um monte de areia? Ou, no caminho inverso, dado um monte de areia, qual seria a quantidade de grãos retirados, que determinaria a extinção daquilo que chamamos um monte de areia? Resumindo a pergunta: o que marca a diferença entre montes e não-montes de areia? Esta pergunta impertinente não foi criada por nós, mas diz respeito a um paradoxo tradicional em filosofia, chamado "Paradoxo do Monte", como não poderia deixar de ser. Este paradoxo ilustra bem o problema que se tem de enfrentar ao tentar definir um organismo. Mas vamos lá, vamos definir, senão o organismo, pelo menos o problema, uma vez que já vimos aqui que uma das coisas mais fundamentais na atividade científica é saber fazer perguntas.

Você já deve saber, mesmo que intuitivamente, que um conjunto de células, por si, não configura um organismo. Você deve saber, também, que a questão que nós estamos abordando agora – o organismo – não pode ser reduzida a uma simples questão numérica, haja vista que existem organismos que se constituem de uma única célula (organismos unicelulares) e, outros, como nós mesmos, pluricelulares, constituídos por, pelo menos, 10^{13} células eucariotas, não considerando, obviamente, o número ainda maior de bactérias (10^{14}) que nos co-habitam, constituindo assim a nossa microbiota normal. Mas quais seriam, então, os critérios de um observador para, em face de um conjunto de células, afirmar que se trata de um organismo?

Acreditamos que este problema esteja ainda em aberto e é por isso que não existe uma definição para organismo vivo que seja consensual. É claro que a noção de organismo aponta para a individualidade de um todo cujas partes (moléculas, células, tecidos, órgãos e sistemas) se interceptam e se integram em sua realização estrutural, como um sistema de sistemas, de modo que uns são partes do âmbito de realização do fazer dos outros. Além desta particularidade relativa às relações sistêmicas que devem ser mantidas no organismo, como um todo, há de se ressaltar também a necessidade da conservação transgeracional de todos os subsistemas que nele se entrecruzam, incluindo as unidades elementares e constitutivas de que tanto falamos nesta Aula – as células.

Seguindo ainda essa nossa reflexão sobre o organismo, é importante ressaltar que a pesquisa em biologia avançou muito no detalhamento dos constituintes de muitos organismos vivos, mas, infelizmente, sabemos ainda muito pouco sobre a dinâmica relacional destes constituintes no âmbito de qualquer organismo, mesmo nos mais simples.

Outro ponto importante que você também já deve saber, mas que vale a pena ressaltar – é a exigência de uma fronteira física (membrana, pele, casca, etc.), presente em todo organismo vivo, para garantir a individuali-

dade do organismo em seu meio ambiente. Embora o delineamento desta fronteira individualizante pareça simples e trivial na grande maioria dos casos, em algumas situações ele se torna difícil ou quase impossível. Para exemplificar, podemos citar uma espécie de fungo que vive no subsolo e que ocupa áreas enormes no campo. Em todo lugar que você retira uma parte deste fungo, ela é igual à outra, retirada do mesmo campo. É impossível fazer distinções entre as partes, mesmo ao nível genético e bioquímico. Como delinear a fronteira do indivíduo? Esta mesma dificuldade de delineamento do indivíduo é, também, frequente quando se observa esponjas (Filo Porífera) de mesma espécie vivendo próximas, no mesmo substrato. Com o crescimento de uma esponja em direção à outra ocorre, com muita frequência, uma coalescência das partes dificultando a distinção da fronteira que delimita o organismo individual.

Considerando algumas destas dificuldades relacionadas acima, talvez uma saída seja o de se olhar, não para o organismo multicelular, em seu estádio adulto, mas, para a embriogênese. A pergunta ficaria então: em qual momento, a partir da célula ovo, com as suas subdivisões subsequentes, nós, enquanto observadores, distinguiríamos e nomearíamos uma massa celular em desenvolvimento como um organismo?

Jorge Podozis

Jorge Podozis Marin é chileno e trabalha atualmente como professor na Universidad de Chile. É colaborador de Humberto Maturana.

Partindo da ideia de que o organismo não é um mosaico de células, mas uma comunidade celular, o biólogo chileno, Jorge Podozis, buscou no desenvolvimento embrionário, o momento, etapa ou estágio, em que o embrião, ao sofrer uma clivagem qualitativa, cria em si e para si um "domínio de existência diferenciado e diferenciante". Em uma conferência ministrada no Brasil, em 1993, este autor sugeriu que este estágio surge com a compactação da blástula, quando no embrião se forma um espaço extracelular fechado. Podozis chama a nossa atenção para o fato de que quando surge esse espaço extracelular fechado aparece, também, um domínio de existência das células, que é diferente do domínio de existência do embrião, como um todo. Assim, tão logo ocorre a compactação da blástula, as células

se diferenciam rapidamente. Antes deste estágio, as células são pluripotentes, ou seja, podem se diferenciar em qualquer célula do organismo adulto e mesmo dar origem a outro embrião. Mas, depois da compactação, mesmo antes de sofrerem divisões celulares, estas células adquirem propriedades diferenciais. Como disse Jorge Podozis: "as interações que se estabelecem durante a compactação são suficientes para mudar o curso das mudanças epigenéticas que essas células vão seguir".

Estendendo esta ideia para a filogênese, o imunologista brasileiro, Nelson Vaz, defende a ideia de que a emergência dos organismos multicelulares aconteceu quando, no processo evolutivo, alguma linhagem formou e conservou, transgeracionalmente, um espaço extracelular fechado, equivalente ao "millieu interieur", de Claude Bernard. Na opinião de Vaz, o aparecimento do organismo multicelular foi precedido pelas colônias multicelulares que, possuindo os seus espaços extracelulares abertos e, portanto, totalmente susceptíveis ao meio circundante, as células deste "organismo" não estabilizavam, nem podiam estabilizar, qualquer tipo de relação de interdependência entre si, nem entre elas e o meio extracelular, pois este se encontrava totalmente aberto. Destarte, o ponto crítico de mudança qualitativa ocorreu quando houve o fechamento estrutural destes espaços extracelulares, outrora abertos. Assim, com o surgimento e conservação transgeracional de um espaço extracelular fechado, houve o tempo evolutivo necessário e suficiente para que os constituintes dos organismos multicelulares estabelecessem e estabilizassem relações sistêmicas, em todos os níveis de sua estrutura organizacional. Com esta inovação evolutiva emergiu uma nova forma de viver – o organismo multicelular – que rapidamente se irradiou em novas formas de vida e ocupou outros nichos, como este que estamos ocupando agora, com o ato de produzir textos que falam de nós mesmos e de nossa história evolutiva.

Nelson Vaz

Diz Archimedes Barbosa de Castro Junior, no site Arte e Ciências (http://www.sbimunologia.com.br/sbinarede/SBInarede66/Arteeciencia.html)sobre Nelson Vaz: "Esse é Nelson Vaz! Não conhecem? É um desenhista, fotógrafo, poeta, sambista nascido em Niterói, no Grande Rio. Conhecido também por ser imunologista, um dos fundadores da SBI. Ah, sim! Ele também gosta de dizer que toca surdo e é flamenguista!". Doutor em bioquímica e imunologia pela UFMG, com pós-doutorado pelo Instituto Pasteur, na França e membro titular da Academia Brasileira de Ciências.

Claude Bernard

Claude Bernard (1813-1878) foi um médico e fisiologista francês. Antes de sua carreira como cientista, Claude Bernard teve êxito, também, como dramaturgo. Um de seus principais estudos foi sobre a homeostasia, ou seja, a constância do meio interior.

ATIVIDADE FINAL

Depois de ter lido atentamente esta última parte do texto, compare a noção de organismo que apresentamos com aquelas que estão disponibilizadas na WEB, tal como a Wikipédia, ou em dicionários, tal como o Aurélio ou mesmo em livros textos de Biologia. Quais as conclusões que você pode tirar?

COMENTÁRIO

Embora não se possa negar a existência de propriedades e funções inerentes e afeitas aos organismos vivos, nem deixar de identificar hierarquias de subsistemas ou de suprassistemas aos quais os organismos vivos contêm ou estão contidos, acreditamos que a resposta para a pergunta sobre o organismo deva privilegiar aquilo que discutimos aqui. Esperamos que você não tenha tido dificuldades em inventariar as definições, bem como em discriminar aquilo que foi discutido aqui daquilo que é encontrado, geralmente, nas demais fontes sugeridas.

RESUMO

Esta Aula tratou de dois conceitos fundamentais da biologia – célula e organismo. Sobre o primeiro, privilegiamos o contexto histórico, desde a primeira observação da estrutura morfológica de uma célula vegetal em um pedaço de cortiça, realizada por Robert Hooke, em 1663, até a formulação do conceito de célula e/ou a proposição de uma teoria celular, unificadora de todo o mundo vivo, por Schleiden, Schwann e Virchow, em 1838-9. Sobre o segundo, privilegiamos a visão que define o organismo partir de

um domínio de existência diferenciado e diferenciante e/ou da conservação trans-geracional de um espaço extracelular fechado. Na embriogênese, como que recapitulando a filogênese, o organismo pluricelular parece surgir a partir da compactação da blástula, quando o embrião, ao sofrer uma clivagem qualitativa, cria em si, e para si, este domínio de existência no curso de sua epigênese.

AUTOAVALIAÇÃO

Esta Aula apresenta uma dificuldade teórica que é a discussão sobre o conceito de organismo. Embora pudéssemos omitir esta parte, ao reconhecer esta dificuldade, não o fizemos por duas razões. Primeiro, porque não queríamos subestimar a capacidade intelectual de nosso interlocutor e, segundo, porque essa discussão, já inaugurada na primeira Aula, se estenderá a partir daqui, tanto como proposta quanto como método.

INFORMAÇÕES SOBRE O PRÓXIMO CAPITULO

Como vimos nesta Aula, a teoria celular estabelece uma unidade dos seres vivos, tanto estruturalmente quanto em continuidade na reprodução. Entender como é garantida a identidade na reprodução, ou seja, a herança, é o tema da próxima Aula, onde estaremos discutindo a evolução do conceito de gene e os mecanismos da herança genética.

REFERÊNCIAS

Andrade, L.A.B. & Silva, E.P. O que é vida? Ciência Hoje 32(191):16-23, 2003.

Bech, W.S. Organismo. In: Enciclopédia Einaudi, Organismo – Hereditariedade, Vol. 19, pp. 76-119, Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1991.

Jacob, F. A Lógica da vida: Uma história da hereditariedade. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1983.

Maturana, H. & Varela, F. De máquinas e seres vivos: Autopoiese - a organização do vivo. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

Mazzarello P. A unifying concept: the history of cell theory. Nat Cell Biol. 1(1):E13-5, 1999.

Prestes, M.E.B. Teoria celular: De Hooke a Schwann. Coleção Ponto de Apoio. São Paulo: Editora Scipione, 1997.

Vaz, N.; Mpodozis, J.; Botelho, J.F. & Ramos, G. Onde está o organismo? Derivas e outras histórias na biologia e imunologia. Florianópolis: Editora da UFSC, 2011.

3

Herança e Genes

Metas:

1. Apresentar a novidade do modelo mendeliano de herança.
2. Indicar as dificuldades da definição de gene em face da complexidade da biologia dos genes.

Objetivo:

Esperamos que após o estudo do conteúdo desta Aula você seja capaz de:

1- Apontar a herança discreta como uma das novidades do modelo mendeliano de herança.

2- Reconhecer os "fatores hereditários" mendelianos como construções teóricas.

3- Identificar os limites de uma definição de gene baseada em grupos de complementação.

Pré-Requisitos:

Para acompanhar esta Aula, é importante que você tenha lido a Aula 1 e, especialmente, a Aula 2 deste livro. Elas podem facilitar a sua compreensão sobre as idéias antigas acerca da herança, bem como ajudar você a compreender o processo de construção dos conceitos de gene.

Guia de Aula:

1.INTRODUÇÃO

2.UM PROBLEMA DE SANGUE

3. MENDEL: UM POUCO DE HISTÓRIA

3.1 O nascimento da pergunta

3.2 O nascimento do desenho experimental

3.3 Um problema velho, um objeto novo - tardiamente reconhecido

4. UM COLAR DE CONTAS

5 A BASE MATERIAL DA HERANÇA

5.1 Uma charmosa molécula em dupla hélice

5.2 Um conceito para o gene: os grupos de complementação e seu fracasso

1. INTRODUÇÃO

Na Aula 2, vimos como a teoria celular estabeleceu uma unidade dos seres vivos, tanto estruturalmente quanto em continuidade na reprodução. Contudo, você já parou para pensar o que significa dizer que "os seres vivos mantêm uma unidade pela sua continuidade na reprodução"? Pois bem, os seres humanos têm se perguntado, desde o tempo dos filósofos gregos, como sapos e "sapas" originam sapinhos e "sapinhas" e como galos e galinhas dão origem a pintinhos e "pintinhas". Ou ainda, como pode ser que os irmãos sejam mais semelhantes entre si e com seus pais do que com seus primos e tios? Dito de uma forma mais geral: como é garantida a identidade dos seres vivos na reprodução? Em última instância, estas perguntas encerram o problema da herança, para o qual sempre se procurou uma explicação, um mecanismo.

A palavra herança traz consigo uma familiaridade que muitas vezes dificulta o seu entendimento em biologia, pois define, na maioria das línguas, tanto a herança legal e cultural quanto a biológica. Este fato marcou, durante muito tempo, as ideias por trás de muitas pesquisas envolvendo a hereditariedade e, ainda hoje, permanece certa confusão entre herança biológica e características adquiridas. Acreditamos que esta confusão possa explicar a sobrevivência de ideias biológicas deterministas na cabeça de muitas pessoas.

Para entendermos o significado atual das palavras herança e hereditariedade e da sua base material - o gene - torna-se necessário verificar a evolução destes conceitos ao longo da história.

2. UM PROBLEMA DE SANGUE

Aristóteles, nosso já conhecido, argumentava que as contribuições sexuais para a geração de novos seres eram diferentes. Segundo ele, o sêmen do macho seria responsável pelo fornecimento do princípio gerador da forma, o eidos, enquanto o sangue menstrual seria uma substância informe a ser moldada pelo eidos do sêmen. Embora essa idéia possa nos parecer absurda hoje, ela trazia, para aquela época, uma forma de pensar extremamente original: a hereditariedade era vista, pela primeira vez, como algo passível de ser estudado, saindo, assim, do campo dos mistérios insondáveis e da esfera de responsabilidade dos deuses. E isto não é pouco!

HEREDITARIEDADE

As primeiras ideias sobre hereditariedade associavam a responsabilidade pela transmissão dos caracteres hereditários ao sangue. A associação do sangue a questões de hereditariedade pode ser percebida até hoje em expressões que permaneceram no senso comum, tais como: "sangue azul", "puro-sangue", "irmãos de sangue" etc. Mais que isso, a relação sangue-hereditariedade esteve, também, relacionada a problemas da área jurídica, de subordinação de sexos, paternidade, pureza de linhagens e estruturas aristocráticas.

Darwin, em seu livro "A Origem das Espécies" (1859), propôs que todos os organismos descenderiam de ancestrais comuns, através de um processo lento e gradual de descendência com modificação guiada por seleção natural (veremos com mais detalhe na Aula 4). Definido desta forma, o processo evolutivo, proposto na teoria darwinista, precisava de uma explicação para a origem e a natureza da variação, ou seja, precisava de uma explicação para o mecanismo de herança. A hipótese explicativa proposta por Darwin para o problema da herança foi denominada pangênese

(Darwin se referia a pangênese como "hipótese provisória da pangênese"). Assim, conforme esta hipótese, todas as partes do corpo formariam gêmulas que viajariam pelo sangue até as células germinativas. Dessa forma, as mudanças ocorridas nas células somáticas, devido a sua interação com o ambiente, viajariam pelo sangue, na forma de gêmulas, alcançariam as células germinativas e poderiam, assim, ser transmitidas para a próxima geração. É importante ressaltar que esta hipótese era a atualização de duas ideias, uma advinda da Grécia Antiga, com Hipócrates, e de outros autores que contribuíram com o Corpus Hippocraticum, e outra mais contemporânea, tomada emprestada de Lamarck.

CORPUS HIPPOCRATICUM

Corpus Hippocraticum (ou "coleção hipocrática") é uma coleção heterogênea de escritos médicos que abrange quase sete séculos. São 60 tratados, aproximadamente, de temática muito variada e distribuídos em mais ou menos 70 livros. Os diversos "livros" da coleção hipocrática foram considerados textos básicos de medicina no Ocidente, até fins do século XVIII. Os textos mais antigos datam, provavelmente, de 450/430 a.C., e os mais novos, dos séculos III e IV. Estes escritos foram reunidos, provavelmente, no período helenístico, pelos sábios alexandrinos. O cânone definitivo de 60 tratados foi estabelecido no século XI, provavelmente, pelos eruditos bizantinos. Nenhum dos escritos pôde ter sua autoria vinculada a Hipócrates, nem mesmo o famoso Juramento de Hipócrates.

Da mais antiga, Darwin retirou a ideia de "sementes" que se difundem pelo corpo. Isto porque, foram filósofos antigos que, ao explicarem a herança observada para algumas doenças, postularam que todas as partes do corpo emitiam sementes (sãs ou doentes) e que as mesmas, ao se concentrarem eventualmente nos órgãos sexuais, eram transmitidas às gerações seguintes. Este mecanismo foi denominado pangênese, a mesma denominação utilizada por Darwin, com a diferença de que este último já sabia, pela teoria celular (conteúdo da Aula 2), que o processo reprodutivo era mediado por células. Outra atualização importante da pangênese darwinista foi a incorporação da idéia lamarckista da herança de caracteres adquiridos (ver Aula 4).

Hipócrates

Hipócrates (460 a.C.-377 a.C.) foi um filósofo grego de quem os dados sobre a vida são incertos. Realizou uma série de descrições clínicas pelas quais se pode diagnosticar as doenças. Tem, também, descrições sobre anatomia nas quais instrumentos de dissecação e procedimentos práticos são descritos de maneira clara. É considerado importante na história da saúde e, frequentemente, considerado o "pai da medicina".

Friedrich Weismann

Friedrich Leopold August Weismann (1834-1914) foi um biólogo alemão. Ele realizou o famoso experimento no qual ratos tiveram as suas caudas cortadas para demonstrar que seus descendentes nasciam ainda com caudas, ao contrário do que se esperaria se houvesse herança de caracteres adquiridos. Weismann cortou a cauda de 500 ratos e repetiu esta operação por 20 gerações e nenhum rato, nunca, nasceu sem cauda. Ele escreveu a certa altura do seu experimento "901 filhotes de ratos foram produzidos por 5 gerações de ratos artificialmente mutilados e, ainda assim, nenhum exemplo de filhote com cauda rudimentar (ou outra anormalidade) foi produzido."

Francis Galton

Francis Galton (1822-1911) foi um matemático e estatístico inglês, primo de Charles Darwin. Ele criou o conceito estatístico de correlação, tendo sido o primeiro a aplicar métodos estatísticos para o estudo das diferenças e heranças humanas de inteligência, sendo, assim, quem inaugurou a psicometria (medição das faculdades mentais). Galton foi quem inventou, em 1883, o termo "eugenia", ou seja, o melhoramento genético da raça humana a partir de cruzamentos preferenciais. Sua hipótese ancestral ("stirp theory") era a ideia de que os tecidos e as características dos descendentes se assemelhavam aos dos pais não porque gêmulas tivessem sido herdadas dos pais pelos filhos, como defendia Darwin, mas porque ambos, pais e filhos, tinham se originado a partir do que ele chamou de uma linhagem germinal ("stirp"). Galton desenvolveu esta teoria em detalhes nos seus artigos "On Blood Relationship" (Proc. R. Soc. 20: 394–401. 1872) e "A Theory of Heredity" (Contemp. Rev. 27: 80–95. 1875)

Ainda que a ideia da pangênese de Darwin tenha exercido grande influência na literatura científica do final do século XIX, pois todos reconheciam que ninguém, dentre todos os seus contemporâneos, tinha examinado as provas da hereditariedade tão meticulosamente quanto ele, esta aceitação não foi unânime. Havia uma rejeição deste modelo explicativo da pangênese, mesmo entre os simpatizantes da teoria evolutiva proposta por Darwin. Vale fazer aqui um parêntese, antes de continuar esta história, para ressaltar uma lição de cunho epistemológico, qual seja, não se pode confundir o fenômeno com a explicação do mesmo. Note você, por exemplo, que é possível afirmar que Darwin conhecia muito bem o fenômeno da herança ("pois não existia ninguém que havia examinado as provas da hereditariedade tão meticulosamente quanto ele"). No entanto, a despeito disto, sua explicação estava equivocada! Em ciência, é importante que você saiba que, embora, na maioria das vezes, não haja discordância sobre a realidade dos fenômenos, existe, algumas vezes, uma grande disputa sobre a explicação dos mesmos. Voltando a "vaca fria"...

Dentre aqueles que rejeitaram vigorosamente a hipótese darwinista da pangênese, estava Weismann. Para este autor, as células germinativas estariam isoladas das células somáticas e os caracteres adquiridos seriam aqueles que se expressariam somente nestas últimas, através de mudanças decorrentes da sua interação com o ambiente. O material hereditário seria, segundo ele, composto de "determinantes" e "bióforos", os quais controlariam o desenvolvimento das células sexuais dos pais para a formação das células dos filhos através de uma "via germinal". Mais tarde estas ideias deram origem aos termos "soma" e "germe", respectivamente. A teoria do plasma germinal é fundamental na história dos conceitos de herança, bem como na história da própria teoria evolutiva.

Nas últimas décadas do século XIX surgiram várias outras hipóteses explicativas para o fenômeno da hereditariedade, dentre as quais a hipótese

ancestral de Galton (1875), na Inglaterra; a lei da hereditariedade de Brooks (1883), nos Estados Unidos; a hipótese do idioplasma de Nägeli (1892), na Alemanha; e a pangênese intracelular de De Vries (1889), na Holanda. Porém, foi o trabalho meticuloso de um monge desconhecido da comunidade científica de sua época - Gregor Mendel – que trouxe, ainda na década de 1860, uma explicação nova para a herança, que só foi compreendida muito tempo depois.

Expandiremos nossos comentários sobre o contexto histórico em que se deu o trabalho e a descoberta de Mendel, para que você possa desfrutar deste momento da história da ciência que é considerado, por muitos, como um dos mais belos e convincentes exemplos de criatividade e do uso primoroso da metodologia científica. Aproveitaremos para discutir neste tópico, também, o que para muitos se apresenta como uma contradição: se os resultados de Mendel eram tão claros, porque eles ficaram ignorados pela comunidade científica por quase quatro décadas?

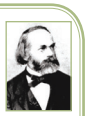
3. MENDEL: UM POUCO DE HISTÓRIA

Gregor Johann Mendel, filho de humildes camponeses, nasceu em 1822, na cidade de Heizendorf, antiga Checoslováquia, região da Moravia, pertencente, então, ao império austro-húngaro. Desde a sua juventude, Mendel ajudava o seu pai no cultivo de árvores frutíferas e revelou-se, desde muito cedo, dedicado aos estudos. O ingresso de Mendel no Mosteiro de Brünn (Brno), da Ordem de Santo Agostinho, em 1883, quando ele completara 21 anos, parece ter sido muito mais uma estratégia de sobrevivência, pelo menos no sentido de garantir a continuidade de seus estudos, do que uma opção puramente religiosa. A família de Mendel reconhecia o seu desejo

William Keith Brooks

William Keith Brooks (1848-1908) foi um zoólogo americano. Sua hipótese sobre herança, desenvolvida no livro "The Law of Heredity", publicado em 1883, defendia a idéia de que óvulos e espermatozóides eram diferentes não só morfologicamente, mas apresentavam, também, diferentes funções hereditárias. Suas conclusões advinham do fato de que cruzamentos recíprocos entre híbridos geravam prole com variação diferente (machos híbridos com fêmeas não hibridas X machos não híbridos com fêmeas híbridas). Em sua teoria, os espermatozóides seriam os repositórios das gêmulas. Os óvulos por sua vez guardariam as características gerais da espécie. Isto explicaria as diferenças entre as proles dos diferentes cruzamentos recíprocos

Karl Von Nägeli



Karl Wilhelm Von Nägeli (1817-1891) foi um botânico suiço. Ele descreveu o que ficou conhecido depois como os cromossomos. Juntamente com Hugo Von Mohl, Nägeli diferenciou as paredes celulares e o conteúdo interno das células vegetais, o qual eles denominaram, em 1846, protoplasma. Nägeli acreditava que as células recebiam as características hereditárias de uma parte do protoplasma que ele chamou de idioplasma.

Hugo Marie Vries

Hugo Marie de Vries (1848-1935) foi um biólogo holandês e um dos três (re)descobridores do trabalho de Mendel em 1900. Em 1889, De Vries publicou seu livro intitulado "Intracellular Pangenesis". Neste livro, ele apresenta uma versão modificada da hipótese da pangênese de Darwin. Basicamente, ele postula que diferentes caracteres têm diferentes transportadores de herança ("hereditary carriers"), ou seja, ele postula especificamente que a herança dos traços hereditários se dá de forma particulada. Ele chamou estas partículas de pangenes, termo que, vinte anos mais tarde, seria usado de forma resumida, por Johannsen, como genes apenas.

de continuar os estudos universitários, ainda que não tivesse recursos para custeá-los, e o professor de física do liceu onde Mendel estudara, reconhecendo o interesse daquele jovem para aquela disciplina, insistiu muito com o administrador do Mosteiro de Brno – o abade Cyrill Napp (1792-1867) - para aceitá-lo como noviço. Falaremos um pouco mais de Napp, logo em seguida, pois além de sua função administrativa, ele teve uma grande influência sobre a formação intelectual de Mendel e, de forma geral, de toda a região circunvizinha ao mosteiro, posto que estão registradas as suas preocupações a respeito de questões técnico-científicas demandadas pela população local, particularmente no que concerne à agricultura e à pecuária, particularmente a criação de carneiros, importantes fontes de recursos da região e, também, do império.

Entre a chegada de Mendel ao Mosteiro e o início de seu trabalho com as famosas ervilhas-de-cheiro da espécie *Pisum sativum*, duas perguntas instigaram muitos pesquisadores e historiadores da ciência, quais sejam: (1) Como ele formulou a pergunta? e (2) como ele concebeu o seu desenho experimental?

A PERGUNTA CERTA!

Antes de descrever o contexto em que a pergunta de Mendel foi formulada, faremos aqui outro parêntese para chamar sua atenção sobre uma etapa fundamental da prática científica: a formulação de uma boa pergunta. Você se lembra do que dissemos na Aula 2 a respeito das perguntas? Se você não se lembra, vale à pena relembrá-lo(a): não adianta conhecer várias técnicas para resolver um problema, é preciso, antes de tudo, saber fazer a pergunta certa!

Voltando, então, ao nosso enredo, faremos alguns recortes históricos com vistas a esclarecer como aquele jovem monge concebeu a pergunta que lhe motivaria a trabalhar, meticulosamente e sem descanso, por oito anos a fio, plantando e cuidando de, mais ou menos, 24.000 mudas de ervilhas, até que ele próprio ficasse plenamente convencido dos seus resultados e das importantes relações matemáticas que eles revelavam sobre o fenô-

meno da herança.

3.1 O nascimento da pergunta

Muitos estudiosos da historia de Mendel consideram que o abade Ciril Napp, uma espécie de chefe hierárquico, mas, também, conselheiro, deve ter influenciado Mendel na formulação de sua pergunta científica, haja vista que:

1) Napp foi membro, consultor e presidente das principais sociedades agropecuárias da Moravia e como tal tinha de lidar com as perguntas de seus sócios que queriam saber como criar e manter grandes estoques de carneiros (sem perder a qualidade da lã) ou como realizar a fertilização artificial para criar e selecionar novas variedades de plantas.

2) Poucas pessoas possuíam o conhecimento e a autoridade de Napp em matéria de agricultura, horticultura e criação de carneiros. Nesse contexto, ele se perguntava sobre o significado da herança de certos caracteres em muitas variedades e raças economicamente importantes para a região da Moravia, mesmo antes de Mendel ingressar no Mosteiro.

3) Napp promovia vários encontros científicos e alguns cursos de formação. Em um deles, ministrado por Diebl, e frequentado por Mendel, o professor ressaltou, dentre outras coisas: (a) a importância do pareamento de plantas com diferentes caracteres para criar variedades produtivas; (b) que a ervilha e o feijão eram espécies propícias para investigação sobre herança e (c) que a contribuição de disciplinas irmãs poderia ajudar na resolução do grande mistério que era a herança biológica.

Franz Diebl

Franz Diebl (1770–1859) foi professor no Brno Philosophical Institute/ Checoslováquia. Seu trabalho era focado no papel dos híbridos para criação de novas variedades de plantas.

Assim, não foi por acaso que Napp investiu na formação, treinamento e condições de trabalho daquele que viria a ser o pai da genética. Ele custeou os estudos de Mendel na Universidade de Viena, incentivou que ele

participasse das sociedades científicas e de cursos de formação e, também, financiou a construção de uma estufa (greenhouse) para "proteger" as ervilhas de insetos polinizadores que pudessem interferir no desenho experimental de Mendel. Por sua parte, Mendel transitava entre os agricultores da região e conhecia bem os estudos que tentavam desvendar os segredos que envolviam a herança de certos caracteres expressos por diferentes espécies de plantas, incluindo as ervilhas. Através da literatura especializada e dos cursos de formação, ele aprendeu que a herança manifestada nas plantas e nos animais dependia de uma lei fisiológica e, como uma necessidade metodológica de seu trabalho, aprendeu a fazer a fertilização artificial cruzada para a produção de híbridos entre diferentes variedades de ervilhas.

3.2 O nascimento do desenho experimental

Johann Doppler

Johann Christian Andreas Doppler (1803-1853) foi um físico austríaco que se notabilizou por ter descoberto o efeito Doppler, que consiste em uma característica observada nas ondas, quando emitidas ou refletidas por um objeto que está em movimento com relação ao observador. Assim, o comprimento de onda observado é maior ou menor conforme sua fonte se afaste ou se aproxime do observador.

Além da pergunta, o desenho experimental é, também, importante em qualquer investigação científica, pois é através dele que se manifesta a criatividade do cientista ao conceber a estratégia metodológica para responder a pergunta. Qual foi então o desenho experimental de Mendel e como ele o concebeu? Para responder a tais perguntas, teceremos alguns comentários sobre a formação intelectual de Mendel.

Nessa perspectiva, como você já deve ter depreendido dos parágrafos anteriores, Mendel se destacava em física e matemática, antes mesmo de cursar os seus estudos universitários na Universidade de Viena. Consta que nesta importante Universidade ele teria sido aluno do grande físico Johann Doppler - profundo conhecedor de astronomia, matemática e física. Depois

de seu ingresso no Mosteiro de Brno, Mendel dedicou-se ao estudo de história natural, particularmente a botânica. Com esta formação diversificada, ele exerceu atividades didáticas (matemática, física, botânica, astronomia) e, ainda, foi responsável pela coleção de história natural e pelo horto botânico do Mosteiro.

É importante ressaltar, neste contexto de formação intelectual, um aspecto que será importante para o desenho experimental de Mendel – a concepção de que algumas leis do mundo natural, incluído os sistemas biológicos, podem ser expressas por relações matemáticas e que os números presentes nestas relações, representando unidades discretas, não se misturam como os fluidos.

A escolha da ervilha como modelo experimental adveio dos ensinamentos de Diebl, descritos anteriormente, e da experiência prévia de vários agricultores no trato com as mesmas. A ervilha cresce rápido, possui flores completas (com os dois sexos) e já estavam disponíveis nas mãos dos agricultores, na forma de variedades com traços transmissíveis e facilmente discerníveis aos olhos do observador. Com isto em mente, Mendel focou o seu trabalho em sete caracteres transmissíveis (Figura 1), os quais ele estudou dois a dois, de cada vez, com muito rigor e atenção, registrando e quantificando todas as suas observações.

Outro diferencial do desenho experimental de Mendel foi sua sistemática investigativa, analisando os caracteres estudados por mais de uma geração (F1, F2, F3). A maioria dos investigadores que o precederam interrompia o experimento na primeira geração (F1) ou continuavam por mais de uma geração, mas não quantificavam os resultados, pois não viam razão para se usar números em questões de biologia.

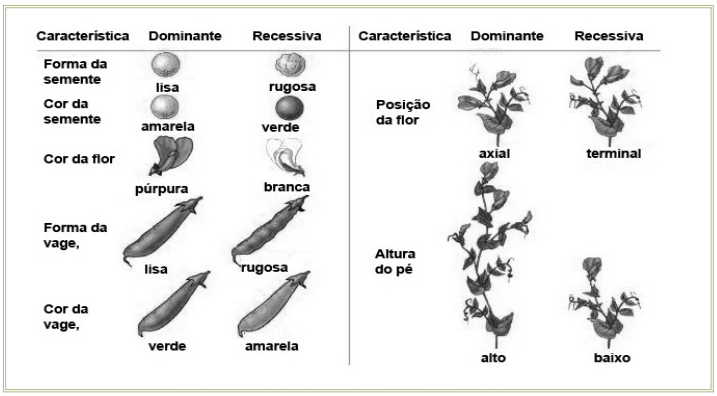


FIGURA 1- Os sete caracteres estudados por Mendel.

Além deste diferencial, Mendel foi cuidadoso no controle de algumas variáveis como o clima e a presença de insetos polinizadores que pudessem colocar em dúvida os seus experimentos, razão pela qual ele solicitou a construção de uma estufa no jardim do Mosteiro. Um esquema do desenho exper

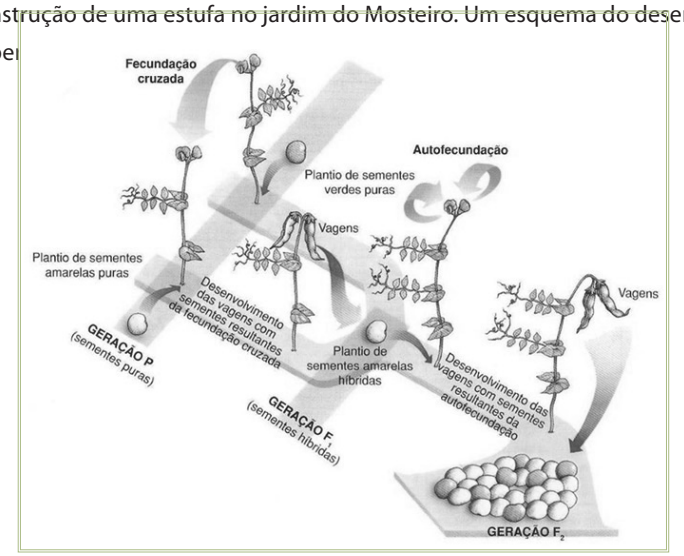


FIGURA 2 - Desenho Experimental de Mendel.

3.3 Um problema velho, um objeto novo-tardiamente reconhecido

Uma questão instigante na história da ciência é o fato de o trabalho de Mendel ter permanecido ignorado pela comunidade científica por quase quatro décadas. Assumindo que esta discussão possa revelar algumas lições importantes da atividade científica enquanto prática social, decidimos enumerar algumas hipóteses que têm sido propostas na literatura para explicar o porquê deste longo intervalo de tempo entre a publicação do principal artigo de Mendel, intitulado Experimentos na hibridização de plantas, em 1865, e a "redescoberta" de seus resultados pelos botânicos K. Correns (Alemanha), E. Tschermak (Áustria) e H. de Vries (Holanda), na virada do século XIX para o XX. Por razões didáticas, apresentaremos cada hipótese seguida de nosso comentário.

Carl Erich Correns

Carl Erich Correns (1864-1933) foi um botânico e geneticista alemão que, juntamente com Tschermak e de Vries (re)descobriu as leis de Mendel. Correns foi estudante de Nageli.

Erich Tschermak

Erich Tschermak (1871-1962), agrônomo austríaco. Embora indicado como um dos três (re) descobridores das leis de hereditariedade de Mendel, sua contribuição é, nos dias de hoje, posta em dúvida por alguns pesquisadores da história das ciências. Tschermak era neto de um homem que ensinou botânica para Mendel quando ele, Mendel, estudou em Viena.

ATIVIDADE - 1

Até aqui viemos nos referindo a (re)descoberta das Leis de Mendel. Leia mais sobre a (re)descoberta das leis de Mendel em "Gregor Mendel, o monge cientista" de Gerardo Arias, no Jornal da Ciência, em:

http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=27186.

Feito isto, explique porque você acha que temos adotado esta forma de escrever para a "redescoberta" de Correns, De Vries e Tschermak.

COMENTÁRIO

Ter respondido corretamente esta questão significa que você está acompanhando os meandros da história da ciência e, portanto, descobrindo como o "fazer científico" se dá concretamente, no "mundo real". Este é o objetivo que temos perseguido com você, prepará-lo para ver o conhecimento com outros olhos, os olhos daquele que vão fazer Biologia! Pesquisadores e/ou Professores (com letra maiúscula messsmmmooo).

HIPÓTESE 1

Mendel publicou em uma revista científica periférica, desconhecida da comunidade científica da época.

COMENTÁRIO

Mesmo com o distanciamento histórico, é difícil aceitar, de forma tão categórica, que a Revista da Sociedade de História Natural de Brünn fosse totalmente periférica e/ou desconhecida da comunidade científica. Isso porque, naquela época, não havia um número expressivo de revistas científicas que inviabilizasse a busca de qualquer artigo pela comunidade científica. Outro ponto que enfraquece este argumento se refere ao intercâmbio entre os cientistas para divulgar os seus resultados (vide Aula 2). Nesse sentido, a carta de Mendel endereçada à Nagelli, o mais famoso botânico de sua época, serve de exemplo. Se isto não bastasse, é preciso ressaltar que o artigo principal de Mendel foi posteriormente publicado (1866) em uma revista de maior circulação, intitulada Proceedings of the Natural History Society.

HIPÓTESE 2

Mendel não escolheu um bom título para o seu trabalho fazendo

com que dele só se interessasse um público restrito, preocupado com a hibridização de plantas ou, no máximo, às questões práticas da agricultura.

COMENTÁRIO

Esta hipótese agrega certo valor explicativo para a questão que estamos discutindo haja vista que o título original do artigo de Mendel - Experimentos na hibridização de plantas – além de não dizer nada de novo, não fazia menção a uma das grandes questões da biologia – a herança e/ou a hereditariedade. Este fato põe em dúvida, inclusive, se o próprio Mendel conhecia o gigantesco passo que ele estava dando. Fica aqui uma lição da atividade científica - o título de um artigo deve ser bem construído para despertar no outro o interesse de sua leitura. É por isso que hoje em dia, além do título, as revistas solicitam aos autores de cinco a seis palavras-chave para facilitar no sistema de busca.

HIPÓTESE 3

Mendel utilizou fórmulas matemáticas, não usuais nas pesquisas biológicas, para explicar os seus resultados e inferir suas conclusões.

COMENTÁRIO

Ainda que não fosse comum o uso da matemática nas pesquisas biológicas de outrora e existisse mesmo um preconceito por parte de alguns naturalistas da época sobre este tipo de abordagem, não era a primeira vez que isto acontecia. Já no ano de 1628, William Harvey fez uso de registros quantitativos e da matemática para demonstrar a circulação sanguínea, inferindo sobre a existência de estruturas – os capilares – que na sua época eram impossíveis de ser visualizados. A parte esta questão, o tratamento matemático desenvolvido por Mendel em seu artigo não era complicado,

mesmo para naturalistas e/ou biólogos não afeitos às fórmulas matemáticas.

HIPÓTESE 4

O artigo de Mendel foi lido, mas os resultados e as interpretações nele contidas não foram convincentes para a comunidade científica, particularmente para aqueles que trabalhavam diretamente com o assunto.

COMENTÁRIO

A documentação histórica revela que Mendel escreveu para o maior botânico de sua época, Karl Von Nagelli, de origem germânica, contando sobre os seus resultados e que este teria lhe respondido de forma não muito entusiástica. Nagelli pensava que os dados de Mendel eram interessantes, mas de aplicação restrita e sugeriu que ele tentasse repetir o experimento com outro vegetal. Mendel tentou repetir sua experiência com o feijão, que não seguiu o mesmo padrão da ervilha, constatando, assim, o fundamento das dúvidas de Nagelli. Ao fazermos esta retrospectiva histórica, com tudo que conhecemos hoje a respeito dos sistemas hereditários de vários vegetais e animais, fica evidente que Mendel não podia saber, naquele momento, que o padrão simples da ervilha não poderia ser generalizado para todos os vegetais, muito menos para todos os seres vivos.

HIPÓTESE 5

Mendel criou um modelo teórico novo que não foi aceito pela comunidade científica de sua época.

COMENTÁRIO

O modelo mendeliano de herança rompe com toda a tradição dos

estudos sobre hereditariedade até aquele momento, quando constrói o seu objeto de estudo, um objeto novo - os fatores hereditários - e inaugura, assim, a ciência da genética. Seus "fatores" seriam imiscíveis, sendo a herança, portanto, particulada. A grande revolução de Mendel foi justamente esta: a aventura de construir objetos racionais para explicar o fenômeno da herança! Mendel não tinha como demonstrar a existência material dos seus fatores hereditários, que adquiriam sentido apenas no interior do modelo mendeliano. Estes fatores hereditários tinham, ainda, a interessante característica de estarem aos pares e o intrigante comportamento de se segregarem de forma independente na formação das células reprodutivas. Dessa forma, uma das características principais da genética, já no seu nascimento, é a de ser uma ciência abstrata, onde muitas de suas entidades começam como construções hipotéticas.

Wilhelm Johannsen

Wilhelm Ludvig Johannsen (1857-1927) foi um botânico dinamarquês, fisiologista vegetal e geneticista. Além de ter criado o termo gene, também desenvolveu a teoria das linhas puras, observando que mesmo populações de feijões completamente homozigotas eram capazes de produzir sementes que variavam em tamanho seguindo uma distribuição normal. Isto o levou a cunhar também os termos genótipo e fenótipo, para explicar os seus resultados.

Seja qual for a explicação para o esquecimento dos trabalhos de Mendel, o fato é que foram eles que fundaram a genética. A despeito do fato de a genética ter sido fundada com os trabalhos de Mendel, o nome "gene" só veio a ser criado, em 1909, pelo biólogo dinamarquês Johannsen, para denominar os pares de fatores de Mendel. Etimologicamente, o nome gene origina-se de génos, radical do verbo grego gígnesthai, que significa "nascer". Assim génos pode ser entendido como "origem", "o que gera", "o que produz". Apesar dos genes já terem sido "criados" no modelo mendeliano de herança, sua natureza física era ainda desconhecida. Onde estariam tais "criaturas"?

4. UM COLAR DE CONTAS

Paralelamente à redescoberta do modelo mendeliano de herança, por volta de 1900, vários estudos citológicos se desenvolviam com o intuito de investigar a contribuição do núcleo para os processos hereditários. Neste

período, diversos ensaios citológicos apontavam que estruturas presentes nos núcleos das células, os cromossomos, apresentavam características peculiares, tais como uma maior evidência em certos períodos celulares (observada mediante colorações determinadas), a presença nas linhagens somáticas de divisões que geravam duas células-filhas idênticas e a presença nas linhagens germinativas, onde eram produzidas células com metade do número cromossomial. Estas características levaram os pesquisadores da época a pensar que tais estruturas poderiam ser as portadoras do material hereditário.

A ligação definitiva entre o comportamento dos cromossomos durante a meiose e os fatores mendelianos foi proposta, em 1903, pelo americano W. S. Sutton, utilizando-se da lógica dedutiva, e pelo alemão T. Boveri, em 1904, de forma independente, através de um tratamento experimental. A reunião dos trabalhos destes dois pesquisadores ficou conhecida como hipótese de Sutton-Boveri ou teoria cromossômica da hereditariedade.

Esta teoria enfrentou uma enorme resistência por parte da comunidade científica. Somente com os trabalhos da equipe de Thomas Morgan, na década de 1920, com a môsca da fruta - *Drosophila melanogaster* - é que tais ideias foram aceitas. Além de demonstrar que os fatores estavam fisicamente localizados nos cromossomas, esta equipe demonstrou, também, que os fenômenos de ligação gênica e herança ligada ao sexo, considerados como exceções às Leis de Mendel, podiam ser explicados por elas.

A teoria cromossômica da hereditariedade foi o primeiro momento em que os fatores hereditários mendelianos (agora já conhecidos como genes) ganharam uma materialidade. Os cromossomos, corpos coráveis do núcleo mitótico das células, apresentavam um comportamento equivalente àquele proposto para os fatores hereditários. Os genes ganhavam, então, um corpo, passível, inclusive, de ser observado e estudado ao microscópio.

Walter Sutton

Walter Stanborough Sutton (1877-1916) foi um geneticista americano. Sutton começou sua carreira estudando engenharia, mas teve seu interesse despertado para medicina quando seu irmão mais jovem morreu de tifo.

Theodor Boveri

Theodor Heinrich Boveri (1862-1915) foi um biólogo alemão. Trabalhando com ouriços-do-mar Boveri demonstrou que era necessário ter todos os cromossomos para que o desenvolvimento do organismo se desse normalmente. Observou, também, os centrômeros que descreveu como órgãos especiais para divisão celular.

Thomas Hunt Morgan

Thomas Hunt Morgan (1866-1945) foi um zoólogo e geneticista estadunidense. Trabalhou com história natural, zoologia e macromutações em Drosophila (mosca da fruta). Recebeu o prêmio Nobel de Medicina de 1933, pelo seu trabalho na demonstração de que os genes estão nos cromossomos.

Se diante deste avanço, os fatores hereditários mendelianos ganharam uma materialização e se "corporificaram", ficava, ainda, a pergunta: De que eram feitos os genes? É importante ressaltar, neste contexto histórico, que durante muito tempo as proteínas foram consideradas como a mais provável base material da hereditariedade, porém, a partir de 1928, a relação entre DNA e herança começou a ser evidenciada.

5. A BASE MATERIAL DA HERANÇA

A história da elucidação da base material da herança começa em 1869 com Friederich Miesher. Este pesquisador isolou, a partir de núcleos de células de pus e de esperma de salmão, uma molécula ainda não identificada, de alto peso molecular e que, pela sua localização, recebeu o nome de nucleína. Estava, então, isolada a molécula que só quase cem anos mais tarde teria a sua estrutura relacionada com a herança.

Em 1928, Frederick Griffith publica um trabalho que foi muito importante para a empreitada de determinação da base material da herança. Com o propósito de descobrir meios de controlar a pneumonia em humanos, Griffith realizou experimentos que envolviam a inoculação das bactérias causadoras desta doença em camundongos. Ele utilizou duas linhagens de bactérias, sendo que uma delas tinha suas células envolvidas por uma cápsula de polissacarídeo, gerando colônias de aspecto liso, e a outra, não possuindo tal envoltório celular, gerava colônias de aspecto rugoso. A primeira linhagem, quando inoculada em camundongos, desencadeava a doença, enquanto a segunda, não. Posteriormente, Griffith inoculou os seus camundongos com a linhagem virulenta morta, através de tratamento térmico (fervura), e observou que as mesmas não causavam mais a doença, pois estavam mortas! Qual não foi a surpresa de Griffith quando ao inocu-

Johann Miescher

Johann Friedrich Miescher (1844-1895) foi um bioquímico suíço, que trabalhando na identificação dos componentes químicos do núcleo celular, descreveu uma substância rica em átomos de fósforo e nitrogênio, a nucleína, mais tarde denominada de ácido nucléico.

Frederick Griffith

Frederick Griffith (1881-1941) foi um médico militar britânico. O seu famoso experimento foi realizado quando ele pesquisava uma vacina para a pneumonia, doença comum no período após a Primeira Guerra Mundial.

lar camundongos com uma mistura de células encapsuladas, mortas pelo calor, com células vivas, não encapsuladas, observou o desenvolvimento da pneumonia nos camundongo. Para além dessa observação, Griffith isolou e caracterizou o agente etiológico causador da doença destes camundongos demonstrando que o mesmo apresentava o fenótipo encapsulado virulento, formador de colônia lisa. Ficava evidente, então, que deveria haver algum fator ou princípio presente nas células mortas, de fenótipo liso, capaz de transformar o fenótipo não encapsulado em fenótipo encapsulado, virulento e formador de colônias lisas. Esta capacidade de transmitir a informação de virulência (da bactéria morta para a bactéria viva) foi denominada por Griffith de "princípio transformador". O resumo esquemático deste experimento pode ser observado na Figura 3.

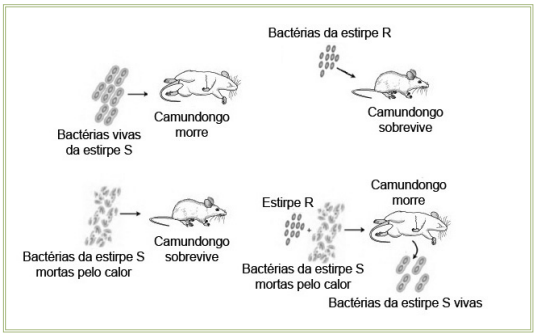


FIGURA 3 - O resumo esquemático do experimento de Griffith.

Na década de 1930, Beadle e Tatum trabalhando com mutantes funcionais do fungo Neurospora produzidos por irradiação de raios X, demonstraram que alguns mutantes cresciam apenas com adição de arginina ao meio mínimo, enquanto outros respondiam, também, à adição de precursores do aminoácido. Com isso, foi possível associar diferentes mutantes aos passos da via biossintética da arginina, todos eles catalisados por enzimas específicas. Cada uma das mutações se comportava como um único gene em termos de herança, o que levou Beadle e Tatum a formularem a hipótese conhecida como "um gene-uma enzima", que por muitos anos foi o dogma da bioquímica. Dessa forma, os fatores mendelianos, além de

George Wells Beadle

George Wells Beadle (1903-1989) foi um geneticista estadunidense agraciado com o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1958, por suas pesquisas com genética e, também, sobre mudanças ambientais que provocam alterações genéticas.

Edward Tatum

Edward Lawrie Tatum (1909-1975) foi um microbiologista estadunidense que ganhou o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina de 1958, com George Wells Beadle, por suas pesquisas sobre a influência das mutações hereditárias na nutrição de certos organismos

um corpo (os cromossomos), passaram a ser, também, unidades funcionais dos seres vivos. Contudo, restava saber, ainda, qual era a natureza química destes "corpos".

Seguindo a pista do trabalho de Griffth, os pesquisadores Avery, MacLeod e McCarty, na década de 1940, tentaram identificar o que seria aquele principio transformante. Eles injetaram "bactérias rugosas" com várias frações das "bactérias lisas", tais como proteínas, polissacarídeo capsular, RNA e DNA. Somente o extrato de DNA era eficaz. Para reafirmar este resultado, o extrato de DNA foi submetido à ação de uma DNase antes de ser inoculado. Agindo assim, não se verificava o fenômeno de transformação. Parecia, então, que a relação DNA-princípio transformante (e, portanto, a cadeia: fatores hereditários-genes-DNA) estava definitivamente estabelecida (ver na Figura 4 um resumo esquemático deste experimento). Contudo, devido ao fato de que a ideia hegemônica (lembra de Kuhn?) neste período era de que as proteínas deveriam ser as moléculas envolvidas com a transmissão das características hereditárias, muitos não acreditaram que o DNA pudesse ser a substância responsável pela transformação das bactérias. Os resultados de Avery, MacLeod e McCarty foram, então, explicados como produto da contaminação protéica nos isolados de DNA.

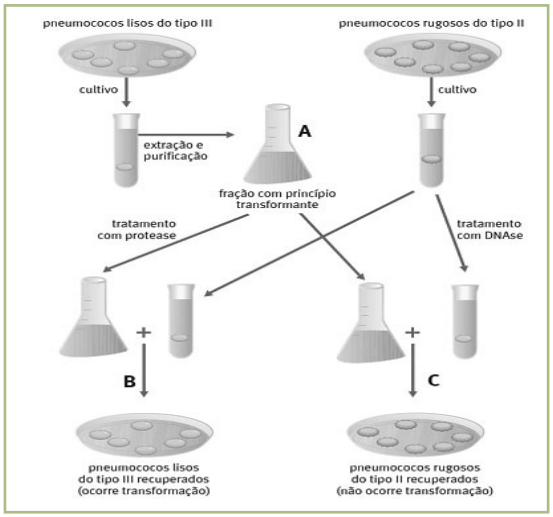


Figura 4 - Resumo esquemático do experimento de Avery, MacLeod & McCarty

Oswald Avery

Oswald Theodore Avery (1877-1955) foi um pesquisador-médico canadense. Foi um dos primeiros biólogos moleculares e, também, um pioneiro em imunoquímica. A cratera lunar "Avery" foi nomeada em sua homenagem.

Colin Munro MacLeod

Colin Munro MacLeod (1909-1972) foi um geneticista canadense. Desviou seu trabalho para assuntos relacionados com saúde durante a Segunda Guerra Mundial, quando trabalhou com doenças, tais quais: tifo, malária e pneumonia.

Maclyn McCarty

Maclyn McCarty (1911-2005) foi um geneticista americano. Parte de suas pesquisas foi devotada ao estudo de pacientes com febre reumática.

Alfred Day Hershey

Alfred Day Hershey (1908-1997) foi um microbiologista estadunidense, conhecido por seus estudos em virologia. Ganhou o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1969.

Martha Chase

Martha Cowles Chase (1927-2003) foi uma geneticista estadunidense. Uma série de problemas pessoais, na década de 1960, fizeram-na abandonar a carreira científica. Ela passou anos sofrendo de demência que roubou a sua memória de curto prazo.

Era necessário, portanto, uma demonstração convincente de que o DNA, e não as proteínas, como se pensava, era o material responsável pela hereditariedade. Esta demonstração veio através do uso do bacteriófago T2. Supunha-se que a infecção do fago na bactéria se daria através da introdução de informações que permitiriam sua posterior reprodução. O fago tem uma estrutura extremamente simples, resumindo-se ao envelope viral protéico preenchido com o seu DNA. Utilizou-se um tipo de marcação radioativa para a cabeça protéica do fago (S-35), e outra para o DNA (P-32). O próximo procedimento foi infectar células de *Escherichia coli* com culturas de fagos diferentes. Depois do tempo necessário para a infecção, as células bacterianas eram recuperadas e centrifugadas a fim de que pudessem ser liberadas dos "fantasmas" (estrutura protéica da cabeça do fago vazia). A radioatividade era então medida. Nas culturas de fagos marcados com P-32, a radioatividade aparecia ou dentro da célula ou na prole de fagos, fornecendo evidências de que o DNA penetrava nas células. Por outro lado, a radiação oriunda de S-35 estava sempre presente nos fantasmas dos fagos, mostrando que a proteína do fago não penetrava na célula de *E. coli*. Este experimento demonstrava que a informação hereditária era transmitida pelo DNA e não pela proteína! Este experimento engenhoso foi realizado pelos pesquisadores Hershey e Chase, em 1952, e você pode vê-lo esquematizado na Figura 5**.**

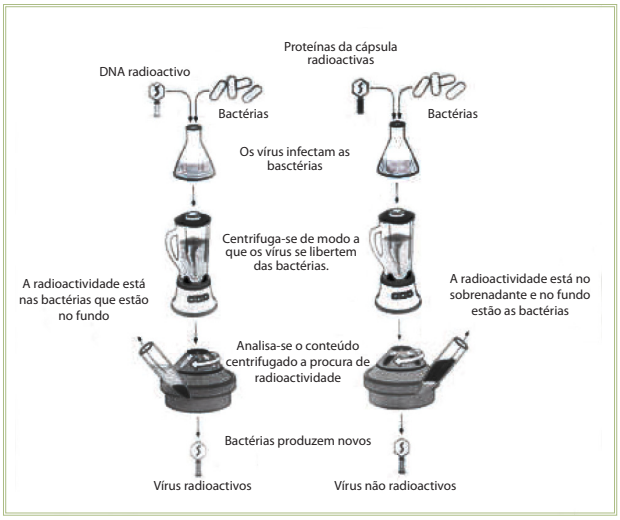


Figura 5- Resumo esquemático do experimento de Hershey & Chase

O material genético, então, era o DNA! Nem tão simples assim... Estes experimentos não tiveram, à época, o impacto esperado. Poucos aceitaram as evidências postas pelos trabalhos de Griffth, Avery, MacLeod, McCarty, Hershey e Chase de que o material hereditário era o DNA. Isso porque, como já dito antes, a idéia hegemônica permanecia sendo aquela de que as proteínas eram as moléculas mais prováveis de estarem relacionadas à herança genética (Será que Kuhn teria mesmo razão?). O pesquisador americano James Watson e seu parceiro Francis Crick, no entanto, apostaram no cavalo azarento e trabalharam na elucidação da estrutura do DNA, acreditando que isto poderia fornecer as bases para o entendimento dos mecanismos hereditários.

5.1 Uma charmosa molécula em dupla hélice

O modelo para estrutura da molécula de DNA foi proposto, em 1953, por Watson e Crick em publicação na revista científica britânica Nature (Vol. 171, No 4356, p. 737-738). Trabalhando com os estudos de difração de raios-X de Rosalin Franklin e apoiados nos dados de Chargaff, que indicavam uma regularidade entre as bases nitrogenadas que compunham a molécula de DNA, Watson e Crick deduziram a estrutura desta molécula, que deveria ser aquela de uma dupla hélice com dois filamentos de DNA, enrolados um em torno do outro. A fidelidade da duplicação seria garantida por uma complementaridade entre as bases (A-T e G-C), enquanto a ordem das bases atuaria como uma espécie de código, embora os dois autores não soubessem ao certo como isto se daria. O modelo proposto por eles permanece, no entanto, válido até hoje, tendo sido totalmente substanciado pelas pesquisas posteriores. Dessa forma, com a publicação do trabalho de Watson e Crick, a ideia de que o DNA era, realmente, a base material da herança, começou a se sedimentar.

Rosalind Franklin

Rosalind Franklin (1920-1958) foi uma biofísica britânica, nascida em Londres, pioneira da biologia molecular. Contrariando o desejo dos pais, ela, aos 15 anos decidiu que queria ser uma cientista e entrou, em 1939, no Newnham College, Cambridge, graduando-se em físico-química em 1941. Apesar de inúmeras dificuldades provocadas pelo preconceito com o fato de ela ser uma mulher, numa profissão, então, eminentemente masculina, ela provou então ser uma cientista de primeiro nível. Morreu em Londres ainda muito jovem, com 37 anos, de câncer no ovário.

Erwin Chargaff

Erwin Chargaff (1905-2002) foi um bioquímico austríaco, emigrado para os Estados Unidos durante o período nazista. Através de cuidadosa experimentação, Chargaff descobriu duas regras que ajudaram na proposição do modelo de estrutura em dupla hélice do DNA. A primeira regra diz respeito ao fato de que, no DNA, o número de guaninas equivale ao número de citosinas, assim como, ao número de adeninas equivale o número de timinas. A segunda regra é a de que a composição do DNA varia de uma espécie para outra. Esta evidência de diversidade molecular fez do DNA um candidato mais aceitável para ser a base material da herança.

Durante os anos de 1950 até meados dos anos de 1970, biólogos moleculares e geneticistas trabalharam, principalmente, com a bactéria E. coli, estudando como a informação genética era traduzida em proteínas e, de alguma forma, determinavam a estrutura e funcionamento das células e organismos. Ou seja, a partir do trabalho de Watson e Crick, a comunidade científica assumiu, definitivamente, o DNA como a base material da herança. Adeus proteínas! Tínhamos agora um novo paradigma, para usar o jargão de Thomas Kuhn.

Explicação (modelo mendeliano de herança), corpo (teoria cromossômica de herança), função (um gene-uma enzima), base material (gene é feito de DNA!), estrutura (dupla hélice) e funcionamento (as moléculas de DNA se replicam semi-conservativamente, são transcritas em RNA e traduzidas em proteínas que, no final das contas constituem o ser vivo em forma, proteínas estruturais e funções, as enzimas). Tudo muito bom, tudo muito bem! Mas, com base nisto tudo, você sabe o que é um gene? Ou melhor: Qual o conceito de gene?

5.2 Um conceito para o gene: os grupos de complementação e seu fracasso

No modelo mendeliano de herança, a definição de gene era a de um fator hereditário responsável pela expressão de uma característica, ou seja: um fator (ou gene)-um caráter. Neste momento, genes (ou fatores hereditários) eram construtos teóricos criados para explicar a herança de caracteres tais quais ervilhas lisas ou rugosas, vagens verdes ou amarelas etc. A existência dos genes só se dava dentro de uma teoria.

Estes fatores hereditários começaram a ganhar materialidade com a teoria cromossômica de herança. Os genes ganharam um corpo passível de ser observado ao microscópio. Um gene era, então, uma seção do cromossomo que determinava um caráter (já que um cromossomo é responsável pela expressão de muitos caracteres), assim como "contas em um colar". Até aqui, a complementação gene-caráter é pacífica.

Um caráter, contudo, pode ser decomposto em partes mais elementares que revelem o funcionamento por trás da expressão destes caracteres. Assim, os genes ganharam uma função mais definida quando se percebeu a sua ligação direta com a atividade das enzimas. Portanto, uma melhor definição de gene seria aquela que incorporasse informação sobre o seu funcionamento no organismo. Um gene (seção do cromossomo)-uma enzima era uma complementação com mais conteúdo informativo.

Não há dúvida que a definição de gene, até aqui, veio procedendo por uma lógica de grupos de complementação (um gene, uma seção de cromossomo-um caráter, uma enzima) que foi ficando cada vez mais precisa. Mais que isso, aquilo que era um construto teórico para explicar um resultado experimental ganhou um corpo passível de observação e uma função específica nos seres vivos. Contudo, era preciso avançar mais, era preciso avançar até a natureza mais íntima do gene e saber do que ele era constituído.

O gene é DNA e este DNA é traduzido... em quê? Proteína. Esta foi a primeira resposta usada, pois toda enzima é uma proteína. Contudo, em alguns casos, proteínas são compostas da união de cadeias polipeptídicas iguais ou diferentes e, quando diferentes, uma mesma proteína pode ser gerada a partir de mais que um único gene – a hemoglobina é um exemplo disso que estamos afirmando. Resolvido! Um gene (seção de DNA)-uma cadeia polipeptídica!

Aquilo que acabamos de descrever foi um resumo do processo de construção do conceito de gene que você acompanhou nesta Aula. Ou seja, a compreensão do que vinha a ser um gene foi sempre baseada na lógica de grupos de complementação, do tipo um gene-uma enzima, um gene--uma proteína, um gene-uma cadeia polipeptídica. A vitória máxima desta estratégia se deu com o desenvolvimento do modelo de estrutura do DNA e com a elucidação dos mecanismos de replicação, transcrição e tradução. Contudo, em 1977, tornou-se evidente que os genes, ou seja, as sequencias de DNA que são transcritas em RNA mensageiro, não são contínuas no genoma. Elas sofrem interrupções devidas à presença dos introns, que são sequências de DNA transcritas, mas que não são traduzidas. Mais do que isso, o estudo do genoma de certos vírus e bactérias tem demonstrado a existência de sequências de DNA que codificam mais de uma cadeia polipetídica. Em alguns casos, uma fração de um gene (por exemplo, um Exon) pode codificar uma proteína independente daquela especificada pelo gene inteiro. Em outros casos, a mesma sequência de DNA pode codificar duas proteínas não homológas, através da leitura de uma mesma fita de DNA em fases diferentes, como ocorre com alguns vírus e transposons.

Os genes apresentam um comportamento mais complexo do que se podia sonhar. A existência de inúmeros processos moleculares passa a inviabilizar a aceitação passiva de definições de gene baseadas em sequências definidas de DNA, ou a partir de uma visão estática, ou mesmo única para o gene. Estas visões não mais se sustentam e têm de ser reformuladas. A existência de genes interrompidos e sobrepostos invalida uma conceituação baseada em grupos de complementação, uma vez que uma mesma sequência de DNA pode estar envolvida com a tradução de mais de um produto gênico. Dessa forma, a definição de genes, hoje, encontra-se na dependência da cadeia polipeptídica operante. Ou seja, como os genes sobrepostos produzem mais de uma cadeia polipeptídica, o conceito um gene-uma cadeia polipeptídica mostra-se inadequado, sendo invertido para uma cadeia polipeptídica-um gene.

A biologia dos genes encontra-se, atualmente, na situação na qual o seu objeto, que ganhou materialidade ao longo da história, parece mais uma vez perder o corpo concreto. Dito de outra forma, os genes encontram-se hoje, de alguma maneira, numa posição semelhante àquela dos fatores hereditários do começo da ciência Genética, como objetos construídos para ajudar a entender os fenômenos que se dão no mundo. Como diria Paulinho da Viola: "As coisas estão no mundo, só que eu preciso aprender".

RESUMO

As primeiras ideias de hereditariedade associavam ao sangue a responsabilidade pela transmissão dos caracteres hereditários. Estas ideias estavam muito relacionadas ao fato de que a hereditariedade se relacionava diretamente a problemas de subordinação de sexos, paternidade, pureza de linhagens e estruturas aristocráticas. Foi o trabalho de Mendel, em meados do século XIX, que rompeu com todos os questionamentos para-científicos que impregnavam os estudos sobre hereditariedade e construiu um modelo para explicar o fenômeno da herança: pares de fatores hereditários que se segregavam de forma independente na formação das células reprodutivas. Este modelo encontrou suporte na teoria cromossômica de herança e no modelo de dupla hélice de DNA. Quanto à definição do que vem a ser um gene, todas estiveram sempre ligadas a uma lógica de grupos de complementação que foi ficando mais e mais precisa (um fator, um gene, uma seção de cromossomo, uma seção de DNA - um caráter, uma enzima, uma proteína, uma cadeia polipeptídica). Contudo, a partir do final da década de 1970, tornou-se evidente que os genes apresentam um comportamento mais complexo do que se podia imaginar: sofrem interrupções devidas à presença dos introns; existem sequências de DNA que codificam mais de uma cadeia polipeptídica; e a leitura de uma mesma fita de DNA em fases diferentes produz proteínas não homólogas etc. Estes fatos invalidam uma conceituação de genes baseada em grupos de complementação, uma vez que uma mesma sequência de DNA pode estar envolvida com a tradução

de mais de um produto gênico. Dessa forma, a definição de genes, hoje, encontra-se na dependência da cadeia polipeptídica operante. A biologia dos genes encontra-se, atualmente, na situação na qual o seu objeto, que ganhou materialidade ao longo da história, parece mais uma vez perder corpo e materialidade. Dito de outra forma: os genes encontram-se hoje, de alguma maneira, numa posição semelhante àquela dos fatores hereditários do começo da ciência Genética, como objetos construídos para ajudar a entender os fenômenos que se dão no mundo.

ATIVIDADE FINAL

1) Relacione os pesquisadores aos seus trabalhos e às datas relevantes no desenvolvimento do conceito de gene.

(a) 1865 ( ) Beadle & Tatum ( ) Princípio transformante

(b) 1903-4 ( ) Sutton & Boveri ( ) Modelo de estrutura do DNA

(c) 1928 ( ) Watson & Crick ( ) Fatores Hereditários

(d) Déc. de 30 ( ) Griffith ( ) Teoria cromossômica de herança

(e) 1953 ( ) Mendel ( ) Um gene-uma enzima

COMENTÁRIO

Não!!!! Você não voltou ao ensino fundamental. Na verdade, esta atividade constitui uma tarefa singela na história das ciências que se chama construir uma linha do tempo. Isto facilita a gente a organizar o pensamento e, mais que isso, inferir como alguns insights surgem no trabalho científico.

Se você não se sentiu muito tolo fazendo isso e/ou entendeu o sentido desta atividade, pode tentar construir um painel mais complicado, compondo uma nova linha do tempo em que todas as hipóteses, teorias e experimentos que discutimos aqui estejam incluídos. É possível ficar mais interessante ainda, se você compuser linhas do tempo paralelas, agora incluindo as informações dos dois capítulos anteriores e começar a cruzá-las (rede?). Isto não é uma obrigação, mas um desafio! De qualquer forma, uma vez na universidade, não se preocupe, como diria o poeta "a vida é diferente, ao vivo é muito pior!" (brincadeirinha...) (?).

2) Tendo em vista a idéia de grupos de complementação, como seriam as definições de gene?

COMENTÁRIO

Esta resposta tem de ser inferida/deduzida das informações do texto no qual ela foi explicitada com exemplos e não construída como uma definição formal. Grupo de complementação em genética tem uma definição mais técnica. Sugerimos que você procure, apenas a título de curiosidade, a definição técnica que este termo tem em genética e comparasse os dois sentidos dados a esta definição.

AUTOAVALIAÇÃO

"Navegar é preciso, viver não é preciso" já dizíamos na primeira Aula. Esperamos que nesta terceira Aula você já tenha esquecido o porto seguro (??) das repostas prontas e esteja em plena viagem mirando o horizonte. O que queremos dizer é que a esta altura da leitura e do estudo você já deve ter compreendido os nossos objetivos e a estrutura deste livro: pensarmos juntos! Você deveria estar confortável. Se nada disso aconteceu (ainda), não se desespere, aconselhamos voltar ao começo e chegar de volta aqui. Nós esperamos você antes da quarta Aula.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Darwin e a teoria evolutiva estiveram muito presentes nesta Aula. A teoria evolutiva é exatamente o tema da nossa próxima Aula, momento em que você vai entender por que evolução e genética são assuntos muito afins.

REFERÊNCIAS

Avery, O.T.; MacLeod, C.M. & McCarty, M. Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of pneumococcal Types. J. Exp. Med. 98:137-158, 1944.

Griffith, F. The Significance of pneumococcal Types. Journ. of Hyg. 27:113-159, 1928

Griffiths, P.E. & Neumann-Held, E. The many faces of the gene. BioScience 49(8):656-662, 1999.

Hershey, A.D. & Chase, M. Independent Functions of Viral Protein and Nucleic Acid in Growth of Bacteriophage. J. Gen. Physiol. 36:39-56, 1953.

Jacob, F. O Rato, a Mosca e o Homem. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

Keller, E.F. O Século do Gene. Belo Horizonte: Editora Crisálida, 2002.

Mendel, G. Experiments on Plant Hybrids. In: Stern, C. & Sherwood, E.R. The Origin of Genetics: A Mendel Source Book. S. Francisco: W.H. Freeman & Company, 1966, 1-48, 1865.

Mendel, G. On Hieracium – Hybrids Obtained By Artificial Fertilisation. In:

Stern, C. & Sherwood, E.R. The Origin of Genetics: A Mendel Source Book. S. Francisco: W.H. Freeman & Company, 1966, 49-55, 1869.

Newton, S.M.C. O que é o gene. In: Costa, S.O.P. (ed.). Genética molecular e de microorganismos. São Paulo: Ed. Manole, 79-95, 1987.

Orel, V. & Wood, R. J. The essence and origin of Mendel's discovery. C. R. Acad. Sci. Paris (Sciences de la vie/Life Sciences) 323:1037–1041, 2000.

Provine, W. Hereditariedade. In: Enciclopédia Einaudi, Organismo–Hereditariedade, Vol. 19, Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 212-258, 1991.

Provine, W. Gene. In: Enciclopédia Einaudi, Organismo – Hereditariedade, Vol. 19, Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 259-285, 1991.

Salamanca, F. Gregor Mendel: El olvidado monje del huerto. Santiago do Chile: Pangea Editores e Editorial Andrés Bello, 2000.

Solha, G.C.F. & Silva, E.P. Onde está o lugar do conceito de gene? Episteme 19:45-68, 2004.

Suzuki, D.T.; Griffiths, A.J.F.; Miller, J.H. & Lewontin R.C. Introdução à Genética. Quarta Edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 1992.

Watson, J.D. & Crick, F.H.C. A Structure for DNA. Nature 171:737-738, 1953

4

Evolução

Metas:

Apresentar a novidade da teoria evolutiva darwiniana, bem como as características fundamentais da teoria sintética, de modo que seja possível definir e comparar os processos de especiação.

Objetivo:

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta Aula, você seja capaz de:

1- Enunciar a novidade da teoria evolutiva darwiniana.

2- Enumerar as forças evolutivas.

3- Diferenciar o processo de especiação alopátrica de simpátrica

Pré-Requisitos:

Para acompanhar esta Aula, é importante que você tenha lido sobre evolução em algum momento da sua vida escolar, nos diferentes livros didáticos do ensino médio. A leitura das Aulas anteriores deste livro (origem da vida, célula e organismo, herança e genes) é considerada, também, relevante para facilitar a sua compreensão da importância da teoria evolutiva darwiniana, como aquela que dá sentido à Biologia

Guia de Aula:

1. INTRODUÇÃO

2. A TEORIA DARWINIANA: QUAL A NOVIDADE?

3. QUAL O MECANISMO?

4. QUAL O PROBLEMA?

4.1 Qual síntese?

5. O QUE É A TEORIA SINTÉTICA?

6. COMO SE DÁ A ESPECIAÇÃO?

1. INTRODUÇÃO

O que é evolução? A resposta mais simples para esta pergunta é: mudança. Simplesmente isto! Evoluir é mudar. A teoria da evolução biológica diz, simplesmente, que a biodiversidade que observamos hoje à nossa volta, em todo o mundo, não esteve sempre aqui e, mais do que isso, que as espécies estão mudando ao longo do tempo. Em Biologia, portanto, evolução define uma forma de ver e entender a diversidade dos seres vivos, ou seja, é uma teoria da mudança. Contudo, como esta mudança é muito lenta e o tempo de que falamos está numa escala muito maior do que a que somos capazes de perceber na nossa vida cotidiana, é difícil, às vezes, imaginar como esse processo de mudança das espécies se dá. Essa dificuldade é muito comum.

É exatamente por conta desta dificuldade de visualizar este processo de mudança das espécies no tempo que, antes que pudéssemos entender de maneira adequada esse processo, era comum pensarmos que as espécies que vemos hoje sempre estiveram aqui, no mesmo número e na mesma forma. Essa ideia de que as espécies não mudam é conhecida como fixismo. Foi uma ideia dominante durante muito tempo, porém, hoje em dia, diante de tantas evidências da mudança das espécies (domesticação de animais e plantas, fósseis de espécies extintas, desenvolvimento de resistência a inseticidas em insetos e a antibióticos em bactérias, hibridização, novos vírus de gripe e AIDS etc.) só é possível manter este tipo de visão de mundo se posicionando entre os extremos da ingenuidade e da má fé.

A melhor compreensão que temos deste processo de mudança dos seres vivos veio com as ideias evolutivas de Darwin. Você, certamente, já ouviu falar de Charles Robert Darwin (1809-1882), naturalista inglês, nascido na Inglaterra, que deu a volta ao mundo (1832-1837) em um navio, o HMS

Beagle, e que, por conta das suas muitas observações nessa viagem, produziu a mais importante teoria da evolução de que temos notícia, descrita no seu livro, de 1859, "A origem das Espécies". Mais do que essa imagem popular, certamente você já estudou um pouco da história e das ideias de Darwin nas suas aulas do ensino médio. Pois bem, a teoria evolutiva darwiniana está entre as ideias mais importantes de toda a Biologia, por dois motivos, fundamentalmente. Primeiro, porque ela tem um caráter unificador, ou seja, ela, assim como a própria definição da vida e sua origem (Aula 1), a teoria celular (Aula 2) e o conceito de gene (Aula 3) integra todos os seres vivos como objeto de estudo único que a Biologia se propõe a entender. Segundo, porque a teoria evolutiva darwiniana é o núcleo duro de todas as teorias evolutivas modernas. Mas o que de tão importante Darwin escreveu no seu livro "A origem das Espécies"? O que nele ainda se mantém atual? Qual a novidade da teoria evolutiva darwiniana?

2. A TEORIA DARWINIANA: QUAL A NOVIDADE?

Chevalier de Lamarck

Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829) foi um naturalista francês que desenvolveu uma teoria da evolução, o Lamarckismo.

Afirma-se, geralmente, que Darwin criou a idéia de evolução, mas isto não foi criação dele. As idéias evolucionistas existiam desde o século XVII, sendo a teoria de Lamarck um belo exemplo disso. Outra afirmação comum, a respeito da teoria darwinista, é a de que a proposição do mecanismo de seleção natural seria sua grande novidade. Contudo, a tese da seleção natural, como mecanismo para evolução, já tinha encontrado outros defensores, como o próprio avô de Charles Darwin, Erasmus Darwin. Embora seja verdade que nos trabalhos de Darwin o mecanismo de seleção natural apareça com maior importância e numa estrutura lógica nova, ainda assim o argumento não era novo.

LAMARCKISMO

O Lamarkismo é baseado em dois fundamentos. Primeiro, a tendência dos seres para um melhoramento constante rumo à perfeição, a partir de um aumento da complexidade dos seres menos desenvolvidos aos mais desenvolvidos. Esta tendência seria uma força externa, semelhante a atração gravitacional, que se agisse isoladamente geraria um linha contínua e progressiva. Segundo, há as leis do uso e desuso e da transmissão dos caracteres adquiridos que determinariam a mudança dos seres vivos ao longo do tempo, a evolução. Lamarck acreditava que, como o ambiente terrestre sofre modificações constantes, as suas alterações estruturais forçam os seres que nele vivem a se transformarem para se adaptarem ao novo meio. Ao longo de muitas gerações (milhões de anos), o acúmulo de alterações poderia levar ao surgimento de novos grupos de seres vivos. Foi Lamarck quem cunhou o termo Biologia.

A viagem no HMS Beagle e o acúmulo de dados que Darwin produziu para corroborar suas afirmações é outra novidade apontada para A Origem das Espécies, mas isto também não era novidade. O escocês Robert Chambers, contemporâneo de Darwin, já havia publicado o livro Vestígios da história natural da criação, em 1844, no qual reunia uma compilação imensa de dados para corroborar suas ideias evolutivas. Embora os dados de Chambers fossem de origem secundária, ou seja, compilados da literatura científica da época, a leitura do seu livro não deve nada, em termos de exemplos, àqueles presentes n'A Origem das Espécies.

Bom, você já deve estar se perguntando: Qual seria a novidade, então?

A grande revolução da teoria darwiniana foi a mudança na forma de encarar a variação presente entre indivíduos da mesma espécie. Até a emergência das ideias de Darwin, o pensamento reinante era tipológico e essencialista, ou seja, a identidade das espécies era fundada numa essência que, em última instância, definia a própria espécie. Dessa forma, as variações individuais eram tidas como desvio, como erro, em relação a um tipo padrão que a essência garantiria para cada espécie. Dito de outra forma, a

Erasmus Darwin

Erasmus Darwin (1731-1802) foi um médico inglês e avô paterno de Charles Darwin. Escreveu uma extensa obra científica sobre medicina e botânica, mas se dedicava, também, à poesia. Sua obra mais famosa, "Zoonomia", de 1795, era admirada por Charles Darwin e tratava da transformação das espécies (evolução).

Robert Chambers

Robert Chambers (1802-1871) foi um editor e escritor britânico, nascido na pequena cidade de Peebles, na Escócia. Na sua época, Chambers foi um jornalista famoso e autor de livros populares, além de filósofo natural. Seu livro "Vestiges of the natural history of creation" foi publicado anonimamente e só teve a sua autoria reconhecida após a sua morte.

essência de cada espécie garantia a todos os indivíduos uma homogeneidade, uma identidade em relação a este tipo padrão.

E como se sabia quem era esse tipo padrão?

O primeiro indivíduo descrito pelo taxonomista para cada espécie era tomado como tipo.

Até hoje, esta é uma prática padrão em taxonomia e sistemática que mantém nos museus o depósito dos tipos de todas as espécies descritas. Ora, vista assim, a variação observada era interpretada, consequentemente, como um desvio em relação ao tipo. Esta perspectiva tipológica e essencialista, como você deve estar percebendo, é marcada pela noção de perfeição, que vem da ideia de criação.

Darwin, de forma diferente, encarava a variação individual sob uma perspectiva populacional. Para ele, a espécie não era um conjunto de indivíduos que deveriam se assemelhar a um tipo perfeito, mas um grupo (ou grupos) de indivíduos que partilhavam caracteres e tinham continuidade histórica através da reprodução. Essa nova forma de encarar a variação é uma revolução e está baseada numa perspectiva materialista da variação individual, que deixou de ser tida como estática, ou como o resultado da expressão imperfeita de uma essência imaterial, ou um ruído a ser evitado na atividade de ordenação (classificação) do mundo vivo, e passou a ser entendida como a realidade do mundo biológico e o material da evolução. A partir desta perspectiva materialista, Darwin pôde entender o processo de especiação como processo de conversão da variação entre indivíduos, dentro de uma determinada população, e variação entre populações dife-

rentes, no tempo e no espaço. Esta é a segunda novidade da teoria darwinista: entender o processo de especiação como um processo de transformação de variação intrapopulacional em variação interpopulacional.

Essas duas novidades presentes no livro "A Origem das Espécies" têm consequências importantes, que foram percebidas imediatamente e causaram muita controvérsia. Primeiro, ficava estabelecido que a natureza das diferenças entre as espécies era a mesma das diferenças entre os indivíduos da mesma espécie. Essa interpretação era radicalmente contrária ao ponto de vista tipológico que encarava as diferenças entre as espécies como produto de variações em torno de uma essência de origem na Criação. Segundo, se o processo de formação de novas espécies dava-se pelo fracionamento da variação intrapopulacional em variação interpopulacional, a regressão desse processo nos levaria a conceber uma origem comum a todos os seres vivos, mas, isto também, se contrapunha violentamente à ideia de uma criação especial (ver Figura 1). Mais que isto, uma terceira conclusão: a evolução aconteceria, então, sem um propósito, seria um processo de leis simples, para o qual não existia espaço para uma ideia de progresso (evolução era apenas mudança ao longo do tempo). Essas conclusões eram revolucionárias! Ainda era necessário, porém, explicar que forças determinariam o processo de divisão da variação intrapopulacional em variação interpopulacional. Ou seja: qual o mecanismo da evolução? Figura 1

Figura 1 - Esquema representando as conclusões lógicas das duas conclusões da teoria evolutiva darwiniana

ATIVIDADE 1

Encarar a especiação como um processo de transformação de variação intrapopulacional em variação interpopulacional tem algumas consequências lógicas (ou corolários, como, também, chamamos). Veja se você é capaz de completar a cadeia de conclusões abaixo.

i) Natureza da variação entre spp é a mesma da variação entre pops

ii) _____

ii) Evolução é um processo natural

iv) _____

COMENTÁRIO

Ter respondido corretamente esta questão significa que você está acompanhando as consequências lógicas da teoria evolutiva darwiniana. Elas são simples, contudo, avassaladoras e causaram muita celeuma no passado. Hoje em dia, toda esta celeuma... PERSISTE!

3. QUAL O MECANISMO?

No Capítulo 3 de "A Origem das Espécies", denominado Luta pela Existência, Darwin apresentou três observações e duas deduções, que constituem uma nova roupagem para a velha ideia de seleção natural. Segundo ele, na natureza encontramos um número de parentais muito menor do que o de descendentes (primeira observação). Senão, vejamos:

> ***Considera-se o elefante como animal de multiplicação mais lenta. Dei-me ao trabalho de calcular sua provável velocidade mínima de crescimento natural. Calculando, por baixo, sua capacidade de procriação e sua fase de fecundidade, parti do princípio de que cada fêmea poderia dar à luz três casais de filhotes, iniciando sua vida fértil aos 30 anos e encerrando-a aos 90. Assim sendo, ao final de cinco séculos, haveria, vivos, 15 milhões de elefantes, descendentes de um único casal primitivo.***

No entanto, continua Darwin, é fácil constatar que essa situação não ocorre de fato. Na realidade, o tamanho da população de elefantes e de outras populações naturais tem-se mantido mais ou menos constante ao longo do tempo (segunda observação). A dedução óbvia extraída dessas duas observações é a de que existe mortalidade de descendentes (primeira dedução).

Nesse ponto, Darwin nos fornece sua terceira observação, que é, de fato, a grande novidade da sua teoria: existem diferenças entre os indivíduos de uma população, diferenças estas que podem aumentar ou diminuir as chances de o indivíduo ser bem sucedido no ambiente (terceira obser-

vação). Diante dessas três observações e de posse da primeira dedução, é possível entender que a mortalidade não ocorre ao acaso, mas em função das diferenças individuais (segunda dedução); ou seja, a mortalidade dos descendentes ocorre segundo um processo de seleção que a natureza opera: uma seleção natural! Veja na Figura 2 um resumo das três observações e duas deduções de Darwin.

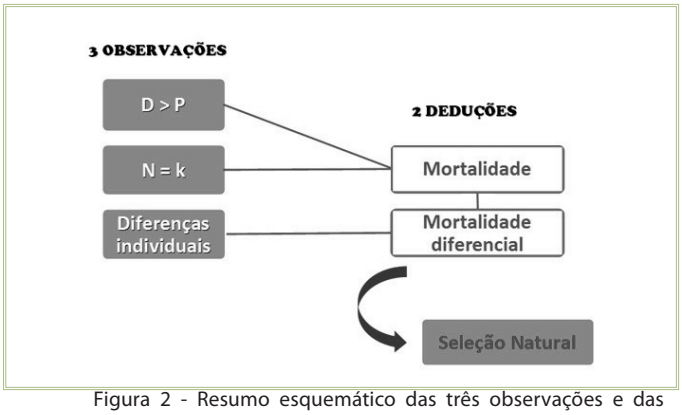


Figura 2 - Resumo esquemático das três observações e das deduções e Darwin expostas no capítulo 3 da "Origem das Espécies".

Assim, a perspectiva materialista da variação se impunha, possibilitando uma interpretação extremamente elegante do mecanismo de Seleção Natural. A consequência de assumir um mecanismo como este, guiando a evolução, era estrondosa: um processo acéfalo, uma evolução sem desenho. Desse modo, tinha-se, naquele momento, uma definição do processo evolutivo que poderia ser resumida da seguinte forma: descendência com modificação guiada por força de seleção natural. Na seta do tempo, se seguíssemos para frente, teríamos o processo de especiação e, consequentemente, a biodiversidade observada. Se, ao contrário, seguíssemos em direção ao passado, encontraríamos a descendência comum de todos os seres vivos.

Esperamos que você tenha entendido o quanto a teoria darwinista da evolução é revolucionária. Ela traz uma interpretação completamente nova do mundo (a perspectiva materialista da variação) e possibilita o

entendimento do processo de especiação e da natureza das espécies vivas (processo de transformação de variação intrapopulacional em interpopulacional), conferindo ao mecanismo de seleção natural uma nova roupagem lógica. Mas nem tudo são flores e a teoria de Darwin tinha um problema.

4. QUAL O PROBLEMA?

Para que um processo evolutivo, como este descrito por Darwin, ocorra, a primeira condição é que haja variação presente nas populações e que esta seja herdável. De outro modo, não é possível que haja mudança ao longo das gerações. Darwin propunha que todos os organismos descenderiam de ancestrais comuns, através de um processo lento e contínuo de modificações, dirigido pela ação da seleção natural sobre os indivíduos. Porém, a teoria darwinista explicava a herança das modificações pelo processo da pangênese (ver Aula 3), no qual gêmulas, formadas em todas as partes do corpo, contribuiriam para as características adquiridas. De certa forma, tal teoria era uma atualização das ideias já formuladas por Lamarck, de herança dos caracteres adquiridos. Desse modo, a teoria darwinista não foi capaz, na sua época, de explicar nem a origem nem a natureza da variação, que era o material da evolução.

Foi a redescoberta dos trabalhos de Mendel, no início do séc. XX, que trouxe explicações novas sobre a herança que, daquele momento em diante, passou a ser definitivamente transferida dos pais para os filhos, através dos "fatores" hereditários. Mendel foi um dos primeiros a apresentar um modelo matemático preciso sobre um fenômeno biológico, seguindo as normas do método científico utilizado pela Física. Uma das novidades dos seus trabalhos residia no fato de se estudar a herança a partir de caracterís-

ticas discretas e pouco influenciadas pelo ambiente. Mas tudo isto você já viu na Aula 3.

A genética mendeliana foi, inicialmente, encarada como um golpe fatal no darwinismo, pois, se o darwinismo tinha a preocupação de explicar a mudança evolutiva, o mendelismo se preocupava com a estabilidade dos processos de herança, desprezava a variação contínua, base do darwinismo, e enfatizava a variação discreta.

A contradição entre mendelismo e darwinismo se estendeu de 1900, com a redescoberta dos trabalhos de Mendel, até a década de 1930, quando foi estabelecida a chamada "síntese".

Ronald Fisher

Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) foi um matemático inglês, nascido em Londres. Juntamente com Sewall Wright e John Haldane é um dos pais da Teoria Sintética da Evolução, na sua vertente da Genética de Populações. Seus trabalhos incluem o desenvolvimento de vários métodos estatísticos aplicados ao desenho experimental. Nesta área publicou dois livros que se tornaram marcos da estatística para pesquisadores ("Statistical Methods for Research Workers", 1925 e "The Design of Experiment", 1935). Foi muito influente, também, no seu trabalho com genética quantitativa e ecológica.

4.1 Qual síntese?

A teoria evolutiva, tal como é entendida hoje, é baseada tanto nos trabalhos de Darwin quanto de Mendel. Contudo, estes trabalhos estiveram, muitas vezes, em contradição. Enquanto o trabalho de Darwin buscava entender o processo de mudança das espécies, o trabalho de Mendel estava preocupado com uma explicação para herança, ou seja, era um modelo para a estabilidade. Somente com os trabalhos teóricos de R. Fisher, J. B. S. Haldane e S. Wright, na década de 1930 do século XX, foi possível construir aquilo que é conhecido como "teoria sintética da evolução".

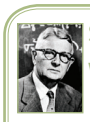
Vamos tentar entender isso um pouco melhor. Como você já viu na Aula 3, o modelo mendeliano de herança lidava com a herança de caracteres discretos, como, no caso da ervilha-de-cheiro: a cor da flor, a forma da ervilha, a cor da vagem etc. Esse modelo atribuía a herança destas características à herança de fatores hereditários (elementos que passavam de pais para filhos através das células reprodutivas). Logo depois da redescoberta

dos trabalhos de Mendel, em 1900, alguns cientistas tomaram como desafio produzir trabalhos experimentais de acordo com a interpretação dos fatos dada pelo modelo mendeliano de herança. Estes trabalhos deram origem ao que chamamos grupo dos mendelistas. Dentre eles, De Vries e William Bateson opuseram-se violentamente ao darwinismo. Influenciados pelos exemplos de herança de características discretas, oferecidos pelo modelo mendeliano, ambos entendiam a evolução como um processo baseado na herança de grandes diferenças entre os organismos e com pouca influência da seleção natural. Uma das versões desta ideia daria origem ao mutacionismo. Uma teoria popular no período entre a redescoberta dos trabalhos de Mendel e a produção da teoria sintética da evolução.

MUTACIONISMO

Mutacionismo foi a teoria proposta por Hugo De Vries, em 1901, para explicar a evolução dos seres vivos. Basicamente, De Vries assumia que as mutações eram o principal mecanismo evolutivo, sendo capaz, de maneira rápida, de criar novas espécies. Desta forma, De Vries negligenciava o papel da seleção natural e, mais que isso, rompia com a ideia de que a evolução era um processo lento e gradual de acúmulo de pequenas variações contínuas ao longo do tempo.

Como vimos aqui, a perspectiva materialista da variação trazida por Darwin colocava ênfase nas pequenas diferenças entre os indivíduos de uma população. Os pesquisadores preocupados com a herança deste tipo de variação eram chamados de biometristas. Karl Pearson e Walter Weldon eram dois nomes importantes da biometria. Estes pesquisadores eram muito bons em matemática e desenvolveram inúmeros métodos estatísticos para descrever e estudar a herança da variação contínua. Neste caso, os pesquisadores eram muito mais simpáticos ao darwinismo, uma vez que a percepção da variação que eles tinham era diferente daquela dos mendelistas, ou seja, eles viam muita variação constituída de pequenas diferenças entre os indivíduos dentro das populações. Contudo, os biometristas não foram capazes de explicar a hereditariedade com a mesma eficiência,



Sewall Wright

Sewall Green Wright (1889-1988) foi um geneticista americano e um dos pais da Teoria Sintética da Evolução, juntamente com Ronald Fisher e John Haldane. Desenvolveu métodos de análise do endocruzamento e seu trabalho é pioneiro em revelar uma importância da deriva genética no processo evolutivo.

William Henry Bateson

William Henry Bateson (1861-1926) foi um geneticista britânico e o primeiro a utilizar o termo "genética" para descrever o estudo da herança biológica. Contudo, a genética de Bateson tem origem na pangênese de Darwin e não no Gene de Johannsen. Bateson foi, também, quem cunhou o termo epistasia para descrever a interação genética que ocorre entre dois locos diferentes. Ele foi um entusiasta das leis de Mendel.

simplicidade e elegância do modelo mendeliano.

Karl Pearson

Karl Pearson (1857-1936) nasceu em Londres e estudou matemática na Universidade de Cambridge. Desenvolveu entre outros métodos: testes de qui-quadrado, coeficientes de correlação e distribuição de probabilidades. Fundou, em 1911, o primeiro departamento de estatística do mundo.

Walter Frank Weldon

Walter Frank Raphael Weldon (1860-1906) foi um biólogo inglês, colaborador de Pearson e um dos fundadores da revista Biometrika, dedicada aos problemas estatísticos e matemáticos relacionados à Biologia.

BIOMETRIA

Biometria (bio, vida e metria, medida) é o estudo estatístico das características físicas ou comportamentais dos seres vivos. Recentemente este termo foi associado, também, à medida de características físicas ou comportamentais das pessoas como forma de identificá-las unicamente. Desta forma, a Biometria é, muitas vezes, encontrada associada a problemas criminais ou de identificação de criminosos.

Para a teoria evolutiva, portanto, um dos principais problemas era compatibilizar uma genética atomística, que encarava o organismo como um conjunto de características discretas, herdado de maneira invariante, com a variação contínua presente nas populações naturais, que era descrita pelos pesquisadores de história natural e estudada pelos biometristas. Em 1918, Ronald Fisher publicou um artigo no qual demonstrava que todos os resultados obtidos pelos biometristas para herança de características de variação contínua poderiam ser derivados do modelo mendeliano, sendo necessário, para tanto, assumir a contribuição de vários locos e vários alelos com interação aditiva, nos casos mais simples. Este problema estava resolvido!

Outro problema dos darwinistas era demonstrar que a seleção natural poderia operar sobre populações mendelianas, de modo a produzir os efeitos esperados pela teoria evolutiva darwiniana. Este problema foi resolvido com os trabalhos de Fisher, Haldane e Wright. O trabalho destes três teóricos demonstrou que era possível entender o processo evolutivo como um processo de mudança das frequências gênicas dentro das populações. As ideias de Fisher, Haldane e Wright, que possibilitaram a síntese, foram sumariadas e publicadas por volta de 1930. Fisher publicou o livro "The genetical theory of natural selection" em 1930. Haldane também publicou um livro, "The causes of evolution", em 1932, que contém uma série de

palestras de divulgação da teoria evolutiva realizadas por ele e, ao final, um apêndice com o resumo de sua teoria matemática da seleção natural. Wright, de modo diverso, publicou em 1931, um longo artigo, "Evolution in Mendelian populations", na revista "Genetics".

A contradição entre mendelistas e darwinistas estava superada. A teoria darwinista tinha, então, aquilo que estava faltando: um bom modelo de herança, uma explicação sólida para origem e natureza da variação. A síntese entre darwinismo e mendelismo estava realizada e ficou, desde então, conhecida como teoria sintética da evolução.

Mas... O que diz exatamente esta teoria?

5. O QUE É A TEORIA SINTÉTICA?

A estrutura básica da teoria sintética da evolução é a de que a evolução é um fenômeno de duas faces: a produção de variação e a escolha de variantes. De maneira simplificada podemos identificar a fonte da variação como sendo a mutação, que cria variação nova. A escolha dos variantes pode se dar tanto por seleção natural, que é uma força determinística, quanto ser estocástica (ou aleatória) pela ação da deriva genética. Vamos examinar mais detidamente estas três forças em ação no processo evolutivo.

DETERMINISMO

Determinismo é a principal base do conhecimento científico da natureza, uma vez que assume a existência de relações fixas e necessárias entre os seres e fenômenos naturais. Ou seja, o que acontece não poderia deixar de acontecer porque está ligado a causas anteriores. Por outro lado, padrões estocásticas são aqueles que surgem por meio de eventos aleatórios. Por exemplo, o lançar de dados resulta em numéricos estocásticos, pois qualquer uma das seis faces do dado tem iguais probabilidades de ficar para cima quando de seu arremesso.

A seleção natural é um processo de mortalidade diferencial, ou seja, é absolutamente contingencial. Vai depender exclusivamente das condições presentes no momento e no local, bem como dos variantes presentes no grupo populacional. Desse modo, não é possível associar a este tipo de processo nenhum plano ou projeto. O processo de sobrevivência diferencial pode, algumas vezes, inclusive, criar circunstâncias problemáticas para algumas espécies, como é o caso dos ursos panda que por apresentarem uma forma de alimentação muito específica (99% da sua dieta é feita de apenas 30 espécies de bambu) estão, hoje, ameaçados de extinção, devido à escassez da sua fonte de alimento nas áreas onde vivem. A baixa taxa de natalidade e a alta taxa de mortalidade infantil tornam a situação mais dramática ainda para esta espécie.

A deriva genética, por outro lado, é a oscilação ao acaso da freqüência dos variantes numa população, que vai ser sempre maior quanto menor for o tamanho da população. É como se fosse um jogo de moedas, você espera que as proporções de caras e coroas sejam 50%, contudo, com poucas jogadas, como jogando 10 vezes uma moeda para cima, você não se surpreende se caírem, por exemplo, 8 caras e 2 coroas. Se você jogasse a moeda para cima 1000 vezes você já ficaria surpreso se obtivesse 800 caras contra 200 coroas. Maior seria a sua surpresa ainda, com proporções semelhantes (8:2) em 10.000, 100.000 jogadas. Mas, em qualquer dos casos, você

espera, sempre, um desvio das proporções esperadas, apenas pela ação do acaso. Na reprodução de uma população, de uma geração para outra, você vai ter, também, estes desvios das proporções esperadas dos genótipos, apenas pela ação do acaso. É isto que chamamos de deriva genética.

E a mutação? A mutação é qualquer alteração ao acaso em um gene. Por serem ao acaso, poucas, muito poucas, são as vezes em que este processo produz um variante que seja mais eficiente do que o anterior. Assim, as mutações são, geralmente, deletérias. Raros são os eventos de mutações benéficas para uma população.

Gostaríamos, então, de tirar duas conclusões importantes a respeito do processo evolutivo, como o temos visto até aqui. Primeira, que a evolução é um fato natural, inapelável, tanto quanto a gravidade. Isto porque , como a evolução, em última análise, resulta de mudanças nas frequências gênicas e a deriva genética, que é a ação do acaso, modifica as frequências gênicas de populações naturais de seres vivos, então, é impossível pensar em uma população que não esteja evoluindo. Não é necessário nem mesmo a seleção natural para que isto ocorra, embora a sua existência facilite e otimize o processo.

Segunda conclusão: como a evolução pode ser feita fundamentalmente baseada somente em forças como a ação do acaso (mutação, deriva) e da seleção natural, ou seja, atendendo a pressões imediatas do ambiente, o processo evolutivo não possui um planejamento. De fato, para gerar toda a biodiversidade observada hoje, o processo evolutivo dependeu de um período de tempo muito longo e muitas extinções. Logo, ideias como aquelas geralmente associadas ao processo evolutivo, como perfeição e progresso, não são adequadas. O processo evolutivo é um processo de alto custo!

Sabemos que estas conclusões perturbam um pouco (talvez muito), mas era importante que a gente falasse delas, mesmo que você, neste

momento, ainda não tenha muito claro a extensão que elas possuem. Assim, a evolução pode ser entendida como mudança da composição genética das populações ao longo das gerações. O processo evolutivo tem como resultado a ramificação das diferenças, seja entre indivíduos dentro da mesma população, populações dentro da mesma espécie, espécies dentro do mesmo gênero e assim por diante. O processo de diferenciação das populações dentro de uma mesma espécie pode levar àquilo que chamamos de especiação. A especiação, como você já deve ter notado, é um dos temas mais importantes dentro do estudo da evolução; não é por acaso que o livro de Darwin se chamava "A Origem das Espécies". Mas como isto acontece mesmo?

ATIVIDADE 2

Enquadre as definições de evolução a seguir.

i) Descendência com modificação guiada por seleção natural.

ii) Mudança nas frequências gênicas por força de seleção natural, deriva genética, mutação e migração.

iii) Evolução é mudança.

iv) Evolução é progresso.

TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO	
SENSO COMUM	
TEORIA DARWINISTA CLÁSSICA	
DEFINIÇÃO SIMPLES	

PERGUNTA

Qual dos quadros não está de acordo com nada daquilo que você viu até agora sobre a teoria evolutiva?

COMENTÁRIO

Esta atividade era para você começar a discriminar os diferentes quadros teóricos em que as assertivas sobre a teoria evolutiva se inserem. Era uma atividade bastante simples, mas bastante importante, uma vez que ela inclui muitas das coisas que você já ouviu e ainda irá ouvir por aí e, mais que isso, diferentes níveis de complexidade de definição da evolução que podem ser usados em diferentes circunstâncias. Com exceção, obviamente, da definição de senso comum.

6. COMO SE DÁ A ESPECIAÇÃO?

Como já vimos aqui, a grande revolução da teoria darwiniana, no que diz respeito à concepção de espécie, foi a mudança de uma perspectiva tipológica para uma concepção populacional. A espécie não é mais um tipo, mas um grupo (ou grupos) de indivíduos que partilham caracteres e têm continuidade histórica a partir da reprodução. Nesta perspectiva, o processo de especiação é a conversão da variação entre os indivíduos dentro de uma população em variação entre populações no tempo e no espaço. Pela teoria sintética da evolução, este processo pode ocorrer pela ação da:

a) seleção natural, produzindo divergência na composição genotípica de populações geográficas que, consequentemente, ficam mais homogêneas dentro de cada região enquanto sofrem diferenciação entre as regiões e...

b) deriva genética, sob a qual as populações geográficas sofrem perda de variação gênica; mas, como o processo é estocástico, diferentes populações terão diferentes genótipos fixados (ou com freqüências estatisticamente diferentes).

O processo de diferenciação depende, no entanto, de a migração entre as populações ser limitada o suficiente para prevenir a homogeneização devido ao fluxo gênico. Por isto, o processo é definido como alopátrico, ou seja, depende do isolamento geográfico entre as populações. Barreiras geográficas, tais como rios ou montanhas, funcionam como impedimento ao fluxo gênico.

O processo de diferenciação pode manter, em diferentes regiões geográficas, populações nas quais a frequência gênica de determinados

alelos é significativamente diferente, sendo elas assim referidas como raças. As populações podem ser referidas como subespécies, se tal processo resulta em diferenciação mais extrema, onde as populações geográficas (raças) apresentam, por exemplo, a fixação de alelos alternativos de modo que indivíduos de procedência anônima possam ser identificados como característicos de uma região ou outra. O processo de especiação estará completo quando populações geográficas apresentarem nível de diferenciação suficiente para que sejam consideradas espécies diferentes. Sabemos que "ser consideradas" é uma frase um tanto vaga, contudo, aceite isto por enquanto, na Aula 5 discutiremos melhor esta questão.

Segundo a visão darwinista ortodoxa, espécies irmãs de reprodução sexuada e que ocupam a mesma distribuição geográfica resultaram de especiação alopátrica no passado, sendo a distribuição geográfica atual um evento ocorrido após o processo de especiação em isolamento geográfico. Contudo, eventos de especiação em simpatria (ou seja, formação de novas espécies sem a necessidade de barreiras geográficas) também têm sido propostos. Para estes modelos, a chance de reprodução entre dois indivíduos não estaria na dependência de barreiras físicas, mas de seus genótipos.

Os estudos para demonstrar a possibilidade de especiação simpátrica na natureza incluem aqueles que tentam a caracterização de polimorfismos genéticos responsáveis pela escolha ou uso do habitat, sinais de reconhecimento reprodutivo e comportamento sexual. Nesse caso, o elemento fundamental para iniciar o processo de especiação seria a aquisição de alelos, por alguns indivíduos dentro de uma população, que conferissem a eles vantagem adaptativa em novos habitats ou reconhecimento do parceiro. Estes novos alelos poderiam conduzir a reprodução preferencial destes indivíduos, o que produziria um processo de divergência na população, formando raças que, ao longo do tempo, evoluiriam para formar espécies distintas.

O modelo de especiação simpátrica mais bem estabelecido é o de especiação instantânea, por poliploidia, que ocorre em plantas. Por exemplo, se houver a formação de um híbrido tetraplóide a partir de duas espécies diplóides, este estará isolado reprodutivamente das duas espécies ancestrais, uma vez que o retrocruzamento terá como resultado a formação de inúmeros gametas desbalanceados. Contudo, essa espécie pode se reproduzir assexuadamente. No caso de acontecer uma duplicação do número de cromossomos desse híbrido (alopoliploidia), uma quarta espécie pode ser formada, agora com a possibilidade de reprodução sexuada, já que os cromossomos, pela duplicação, estão outra vez balanceados. Tais complexos poliplóides têm sido descritos para muitos gêneros de plantas.

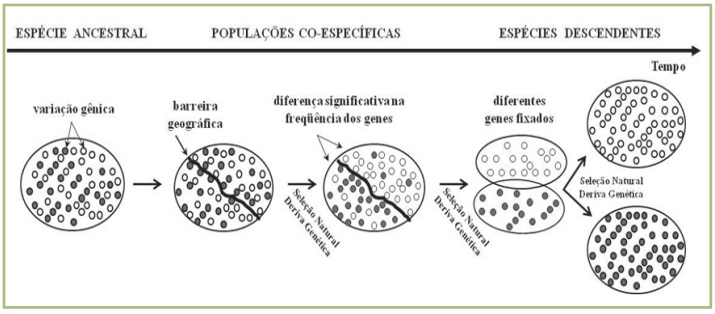


Figura 3 - Esquema mostrando as etapas do processo de especiação alopátrica

Para resumir tudo o que a gente falou até aqui sobre a teoria sintética da evolução, veja a Figura 3, pois ela resume os aspectos mais importantes desta discussão no que diz respeito ao processo de especiação alopátrico.

RETROCRUZAMENTO

O retrocruzamento é o cruzamento de um descende com qualquer um dos seus genitores. O termo genitor pode ser entendido no sentido restrito, se referindo aqueles indivíduos que de fato contribuíram, por intermédio de seus gametas, para a formação do descendente ou no sentindo amplo, se referindo a indivíduos representativos da variedade, raça ou tipo dos genitores estudados.

RESUMO

As duas grandes novidades da teoria de Darwin foram a perspectiva materialista da variação e a interpretação do processo de especiação, como um processo de transformação de variação intrapopulacional em variação interpopulacional. Estas novidades têm muitas consequências importantes, dentre elas a percepção de que a evolução ocorre pela ação de processos naturais, como a seleção natural e que, portanto, não tem desenho. Do mesmo modo, se olharmos para trás, por este processo, veremos que todos os seres vivos têm um ancestral comum. A despeito de toda sua importância, a teoria darwinista tinha um problema: explicar a origem e a natureza da variação. Este problema foi resolvido pelo modelo mendeliano de herança, contudo, apenas na teoria sintética da evolução, na década de 1930. Esta teoria é um fenômeno de duas faces: a produção de variação (mutação) e a escolha de variantes (seleção natural e deriva genética). Com base nesta teoria é possível entender o processo de especiação, o qual pode ser explicado por dois modelos principais: alopatria e simpatria. No primeiro caso, o processo de diferenciação depende do isolamento geográfico entre as populações que vão acumulando diferenças genéticas. Esse processo é, provavelmente, o principal mecanismo de especiação em animais. Na especiação simpátrica, a chance de reprodução entre dois indivíduos não está na dependência de barreiras físicas, mas na dos genótipos dos indivíduos. Nesse caso, polimorfismos genéticos podem determinar a escolha ou uso do hábitat, comportamento etc. Contudo, o modelo de especiação simpátrica mais bem estabelecido é o de especiação instantânea, por poliploidia, que já foi descrito para muitos gêneros de plantas.

ATIVIDADES FINAIS

1.Quais as novidades da teoria darwinista?

COMENTÁRIO

Para começar, o começo! Esperamos que esta questão não tenha oferecido nenhuma dificuldade. Caso você tenha sentido algum problema com ela, aconselhamos voltar à leitura do capítulo.

2.Por que a perspectiva materialista da variação, trazida pela teoria darwiniana, se contrapõe a uma visão tipológica (ou platônica) da natureza?

COMENTÁRIO

Aqui você enfrentou um pouco mais de trabalho para responder, não é uma resposta direta, embora, também, não ofereça grande dificuldade. Caso você tenha tido problemas com ela é preciso mais atenção na leitura.

3.Darwin, no seu Capítulo 3 (Luta pela existência), do A Origem das Espécies, dá à seleção natural uma roupagem lógica nova. Quais são as observações e deduções que ele realiza para que isto seja possível?

COMENTÁRIO

Resposta direta! Mas fundamental para que você avance com segurança.

4.A teoria sintética propõe que a evolução seja um processo que se dá pela ação de mecanismos que produzem variação e mecanismos que escolhem variação nas populações naturais. Enumere os mecanismos para cada um destes casos.

COMENTÁRIO

Mais um passo seguro! Problemas nesta questão, e na anterior, indicam a necessidade de maior atenção e concentração na leitura. Facilidade para respondê-las é o esperado e, se foi o que você sentiu, podemos, então, ir em frente.

5.Em que sentido A Origem das espécies, de Charles Darwin, é, ainda, um texto atual em relação ao problema da especiação?

COMENTÁRIO

Se você acertou a resposta, então, a sua compreensão e o seu poder de síntese estão adequados para os objetivos desta Aula. Caso contrário, é importante que você releia o conteúdo.

AUTOAVALIAÇÃO

Esta Aula apresenta algumas dificuldades. Primeiro, a dificuldade teórica de sempre: um novo conteúdo que deveria ser velho, um velho conteúdo com novidade. A segunda dificuldade, como discutimos, diz respeito ao fato de que o fenômeno evolutivo depende de um tempo fora dos limites do nosso cotidiano: é a chegada da história para o fenômeno biológico. Finalmente, as consequências lógicas da teoria evolutiva fazem a gente ficar pensando na vida, tanto como fenômeno biológico quanto como seu sentido. Dessa forma, Aula pode ser encarada como o D'Artagnan dos três mosqueteiros (aulas?) ou, na Volta ao Mundo em 80 dias, os 360º que inauguram uma espiral (ainda faltam 4 aulas!). Caso as dificuldades tenham sido sentidas, é isto mesmo, pode seguir em frente! Se você ficou confortável, se nada aconteceu, mantenha a calma (inesperada) e retorne ao começo desta aula.

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

A partir do momento em que abandonamos uma perspectiva tipológica e essencialista das espécies, temos uma questão fundamental: quais os critérios usados para definir uma espécie? Este é o tema de nossa próxima Aula, a espécie.

REFERÊNCIAS

Chambers, R. Vestiges of the natural history of creation and other evolutionary writtings. Londres: The University of Chicago Press, 1845.

Crow, J. F. Population genetics history: A personal view. Annual Review of Genetics 21: 1-22, 1987.

Darwin, C. R. A Origem das espécies. Londres: John Murray, 1859. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 2002.

Dobzhansky, T. Genética do processo evolutivo. São Paulo: EDUSP/Editora Polígono, 1973.

Fisher, R. A. The genetical theory of natural selection. Oxford: Oxford University Press, 1930.

Freire-Maia, N. Teoria da evolução: De Darwin a Teoria Sintética. Belo Horizonte: Editora Itatiaia. São Paulo: EDUSP, 1988.

Futuyama, D.J. Biologia Evolutiva. Segunda Edição. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992.

Gould, S. J. Ever since Darwin. Londres: Penguin Books, 1977.

Haldane, J. B. S. The causes of evolution. Londres: Longmans, Green & Co., 1932. Nova Jersey: Princeton University Press, 1990.

Mayr, E. Populações, espécies e evolução. Cambridge: Harvard University Press, 1963. São Paulo: EDUSP, 1977.

Mayr, E. What was the Evolutionary Syntesis? Trends in Ecology and Evolution 8(1): 31-34, 1993.

Rodrigues, R. F. C. & Silva, E. P. Lamarck: Fatos e Boatos. Ciência Hoje 48(285): 68-70. 2011.

Silva, E.P. A short history of evolutionary theory. História, Ciências, Saúde-Manguinhos 8(3):671-687. 2000.

Wright, S. Evolution in Mendelian populations. Genetics 16: 97-159, 1931.

5

Espécie

Metas:

Discutir os problemas relacionados com a definição de espécie..

Objetivo:

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta Aula, você seja capaz de conhecer algumas das definições de espécie.

Pré-Requisitos:

Para a discussão sobre os conceitos de espécie é importante que você tenha entendido o conteúdo da Aula anterior sobre evolução.

Guia de Aula:

1. INTRODUÇÃO

2. HISTÓRICO DAS CONCEPÇÕES SOBRE ESPÉCIE

3. ALGUNS CONCEITOS DE ESPÉCIE

4. CONCLUSÃO

1. INTRODUÇÃO

Darwin intitulou de "A origem das espécies" o seu principal livro. Embora ele não tenha sido capaz de resolver de maneira definitiva o problema da especiação, ele nos legou uma visão inteiramente nova do mundo vivo: a perspectiva materialista da variação. Com isso, a especiação passou a ser entendida, de maneira simples, como um processo de fracionamento da variação intrapopulacional em variação interpopulacional. A natureza das diferenças entre as espécies deixava de ser uma essência imaterial e tornava-se igual à das diferenças entre os indivíduos dentro da mesma espécie (ver a Aula 4).

Darwin se debruçou sobre o problema da especiação, mas evitou meter a mão numa cumbuca igualmente complicada: a definição de espécie. Hoje, mais de 150 anos depois da publicação de "A origem das espécies", a definição de espécie ainda é um problema. Nesta Aula faremos um breve apanhado da evolução histórica das concepções sobre espécie e discutiremos alguns conceitos, dos mais de vinte que têm sido propostos, para exemplificar as dificuldades de uma definição que seja, ao mesmo tempo, universal, operacional e com sentido biológico.

2. HISTÓRICO DAS CONCEPÇÕES SOBRE ESPÉCIE

O problema da definição de espécie pode ser entendido pela contradição entre diversidade e ordem da realidade biológica. O mundo vivo apresenta um caleidoscópio de cores, formas e tamanhos, contudo, esta miríade biológica não é um caos! Na verdade, parece evidente que existe uma ordem por trás disso tudo. Foi acreditando nisso que muitos filósofos

se dedicaram a tentar entender a ordem por trás da diversidade biológica.

Antes que as ideias evolutivas estivessem presentes nas explicações a respeito da origem das espécies, a idéia hegemônica era o fixismo. Segundo tal concepção, que dominou quase toda a história do pensamento ocidental, os seres vivos pertenceriam a grupos fixos, os quais teriam sido criados por um ou mais deuses e por ele(s) ordenados, em uma escala hierárquica imóvel, na qual a espécie humana representaria seu ponto mais elevado.

Platão

Platão foi um filósofo grego que nasceu em Atenas (428/27-347 a.C.). Foi discípulo de Sócrates e mestre de Aristóteles. Fundou a Academia, onde se ocupava, com seus discípulos, de temas tais quais: ética, política e teoria do conhecimento. Dentre suas obras mais importantes estão "A República" e "O Banquete".

Segundo Platão, por exemplo, a categoria espécie estava ligada à essência das coisas, à ideia, à criação. Isto significava dizer que toda espécie viva no mundo seria uma cópia da espécie perfeita, que existia no mundo das ideias. Para ele, o homem era a expressão máxima da ideia, ou seja, aquele ser, no mundo, que mais se aproximava da perfeição. Contudo, o homem, sob o efeito de estar no mundo (o que Platão chamava de "ação do devir"), teria sofrido um processo de corrupção, de degeneração. Esse processo de degeneração do homem no mundo, no tempo da criação, teria sido responsável pela produção de todos os outros seres menos perfeitos, como as mulheres, os escravos, as aves, os animais terrestres etc. Assim, tomando o homem como a expressão mais perfeita da ideia, todos os outros seres seriam estágios degenerativos dessa ideia perfeita. Por isto mesmo, o homem seria o senhor de todos os outros seres vivos. Tal concepção de criação foi reformulada por Aristóteles, que foi o principal discípulo de Platão.

Tendo escrito a quatro séculos da era cristã, Aristóteles via a natureza organizada gradualmente, da matéria inanimada até os seres vivos. Contudo, ao contrário do seu mestre Platão, Aristóteles não aceitava ideias transformistas nem mesmo na criação; para ele, toda variação era estática desde o começo. Os indivíduos eram a diferente expressão do mesmo tipo. As espécies vivas, portanto, eram fixas desde sempre e a biodiversidade representava apenas a expressão de uma ordem maior que existe por trás de todo o Universo. A natureza, e nela todos os seres vivos, era apenas uma parte dessa grande ordem universal que Aristóteles buscava entender.

De maneira muito semelhante às ideias de Platão e Aristóteles, o Livro do Gênesis ocupa-se com a explicação das origens. A Bíblia estabelece a existência do Universo e de sua ordem por obra da criação divina. O Jardim do Éden é o centro de criação de todas as espécies animais e vegetais, e a espécie humana tem a prerrogativa de dominar a Terra e todos os seus animais e plantas.

Esse conjunto de ideias, que engloba o pensamento de Platão, Aristóteles e a Bíblia, é o que temos chamado aqui genericamente de fixismo, e que pode ser denominado, no campo filosófico, fixismo platônico-aristotélico e, no da religião, criacionismo judaico-cristão. Tal conjunto é parte fundamental da nossa cultura, a cultura ocidental, e é fortemente marcado pela noção de perfeição. Vem daí a crença de que a natureza é uma total harmonia, de que todos os seres vivos foram desenhados, de que todos os órgãos e sistemas funcionam da melhor maneira possível etc.

Resumindo, na Idade Antiga (mais de 400 a.C.), entender o que seria uma espécie estava diretamente relacionado com a capacidade de entender a essência das coisas (visão essencialista de espécie). Para Platão, a espécie podia ser definida por um conjunto de caracteres adquiridos no processo de degeneração da ideia no mundo. Para Aristóteles, por outro lado, não havia o transformismo defendido por Platão: as espécies vivas eram fixas e a diversidade biológica representava uma ordem predeterminada do Universo. Em ambos os casos, contudo, a seleção dos caracteres para definição de uma espécie não dependia da comparação entre os seres, mas da concepção de ordem do mundo que o estudioso tinha. Dessa forma, a classificação não atendia a princípios naturais, mas estava interessada em representar a Essência, a Ideia, a Ordem, ou seja, a Criação! A classificação dos organismos em grupos, portanto, seguia uma técnica puramente fenética, na qual os organismos eram agrupados por redes de semelhanças. Grandes grupos eram identificados e, a partir deles, subdivisões em unidades menores eram realizadas até que tal processo não fosse mais possível. Por assumir que as

espécies eram fixas e, portanto, não relacionadas, o sistema de classificação enfrentava sérias complicações.

FENÉTICA

Fenética é uma classificação ou agrupamento baseada unicamente na semelhança geral entre os organismos. Os feneticistas usam matrizes de semelhança para construir seus diagramas de relação de parentesco entre os diferentes grupos taxonômicos.

Na Idade Clássica (séculos XVII-XVIII), Lineu advogou que a classificação devia ser baseada numa rede de comparações entre os seres. O estudioso não devia partir de um a priori a respeito do mundo, mas descobrir a ordem natural do mundo vivo através da observação cuidadosa dos organismos. O estudo da natureza deixava de ser função de filósofos querendo decifrar a criação e passava ser o ofício de naturalistas, que sabiam observar. Esta atividade passou a ser realizada de maneira mais minuciosa, decompondo-se os organismos em partes (linhas, superfícies, volumes etc.). Era preciso evitar os enganos da aparência, deixar a superfície das coisas e mergulhar na profundidade das espécies. É deste período, também, o primeiro conceito de espécie propriamente dito, que incluía, além da simples semelhança (superficial ou profunda), a ideia de continuidade através de gerações.

Lineu

Carolus Linnaeus (Lineu na escrita aportuguesada, 1707-1778), botânico sueco, considerado pai da Taxanomia. Em 1735, publicou "Systema Naturae", com sua classificação dos seres vivos.

A história do conceito de espécie refletia, até aqui, a contradição entre duas estratégias de busca da ordem natural do mundo vivo. A primeira estratégia representava uma visão metafísica, em que a ordem era um conjunto de signos que deviam ser decifrados por uma mente pura na sua atividade de perscrutação do Universo. Esta visão favorecia uma lógica dedutiva: era a razão que impunha, a priori, a sua ordem aos seres vivos. Analise a Figura 1, ela representa o que acabamos de descrever a respeito desta perspectiva que é dominante desde a Idade Antiga até o Renascimento.

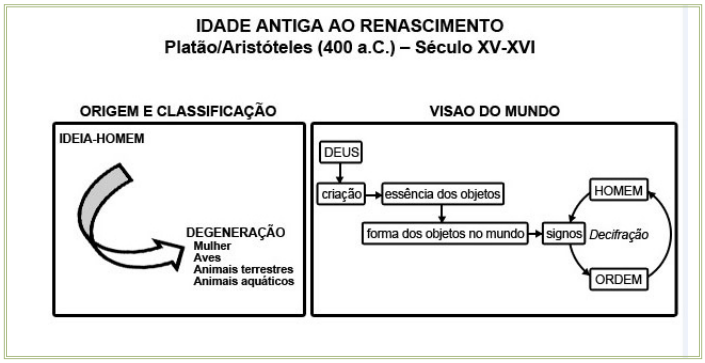


Figura 1 - Esquema representando as idéias de origem das espécies, os procedimentos de classificação e a visão de mundo que norteava estas idéias e classificação dos seres vivos desde a idade antiga até o renascimento.

METAFÍSICA

Metafísica significa para além da Física. Diz respeito ao conhecimento das causas primeiras e dos primeiros princípios, ou seja, a essência das coisas.

A segunda estratégia era empirista, buscando no método o caminho para entender a ordem que está no mundo. Neste caso, a lógica era indutiva, pois a observação descobria a ordem. Analise, agora, a Figura 2, ela representa o que acabamos de descrever a respeito das ideias dominantes na Idade Clássica.

Figura 2 - Esquema representando os procedimentos e a visão de mundo que norteava a classificação dos seres vivos na Idade Clássica.

EMPIRISMO

Empirismo é a doutrina que se baseia exclusivamente na experiência, tida como única fonte do conhecimento. Na lógica dedutiva, as conclusões resultam de um raciocínio. Na lógica indutiva, são tiradas conclusões gerais, a partir de fatos particulares.

Essas perspectivas, ambas norteadas pelo fixismo, determinavam diferentes visões a respeito do que vinha a ser uma espécie e a forma de se obter conhecimento sobre elas. Em ambos os casos, contudo, existia uma busca pelo essencial das espécies ou tipo (visão essencialista), que só poderia ser obtida pela pureza, ora da razão, ora da observação.

As ideias do criacionismo e da imutabilidade das espécies perduraram até o Renascimento, no século XVI, quando começaram a ser postas em questão. Por exemplo, no século XVIII, como já vimos na Aula 4 (Evolução), Erasmus Darwin, avô de Charles Darwin, publica um livro intitulado "Zoonomia", no qual defende a ideia de que as espécies poderiam sofrer evolução. Contudo, é somente no século XIX que as ideias evolutivas passaram a integrar definitivamente as concepções a respeito das espécies, principalmente em virtude das ideias de Lamarck.

Jean Baptiste Lamarck foi o primeiro a apresentar uma teoria elaborada a respeito da evolução das espécies. No seu livro intitulado "Philosophie Zoologique", publicado em 1809, ele defendeu que mudanças no ambiente provocariam nos seres vivos a necessidade de modificação, o que induziria um processo de evolução das espécies no sentido de se adequarem ao meio ambiente. Segundo essa teoria, partes do corpo que fossem muito usadas se desenvolveriam. Por outro lado, partes que não fossem usadas sofreriam atrofia, o que poderia, inclusive, levar ao seu desaparecimento, nas gerações seguintes (lei do uso e desuso). O desaparecimento das partes atrofiadas e/ou o desenvolvimento de partes muito usadas, nas gerações seguintes, é a denominada "lei da herança dos caracteres adquiridos".

Em síntese, esta concepção de que os seres vivos, por força da necessidade gerada neles pelas mudanças ocorridas no ambiente, iriam progressivamente adequando-se ao ambiente é o que chamamos teoria da melhoria interna intrínseca lamarckista. Essa teoria, como você pode notar, é fortemente marcada pela noção de progresso, ou seja, sai de cena a ideia de perfeição, muito presente em todas as concepções fixistas, e entra em cena a ideia de progresso, que estará muito presente nas primeiras ideias evolutivas. Como já vimos na Aula anterior, tanto as noções de perfeição quanto qualquer ideia de progresso é ultrapassada pela teoria evolutiva darwinista e, mais ainda, pela teoria sintética da evolução.

Portanto, somente no século XIX, as ideias evolutivas passaram a integrar as concepções a respeito das espécies. Primeiramente, foi com as ideias de Lamarck e, posteriormente com Darwin, que a Taxonomia e a Sistemática passaram a ter responsabilidade em refletir a filogenia em suas classificações. Mais ainda, foi só neste período que a espécie passou a ser uma unidade evolutiva. Contudo, o reconhecimento de que as espécies não eram entidades fixas e portadoras de uma essência (visão essencialista de espécie) levou Darwin a assumir, em algumas passagens do livro "A Origem das Espécies", uma visão nominalista da espécie, ou seja, descrever a espécie apenas como um nome utilizado na classificação dos seres vivos, sem, no entanto, ter uma realidade natural. Segundo ele, isto se justificava da seguinte forma:

> ***[...] nós teremos que tratar espécie do mesmo modo que os naturalistas tratam os gêneros, como meras combinações artificiais feitas por conveniência. Isto pode não ser considerada uma perspective muito atraente; mas, assim, nós devemos, pelo menos, ficar livres daquilo que não foi descoberto e não pode ser descoberto no termo espécie: a sua essência.***

Alfred Russel Wallace

Alfred Russel Wallace (1823-1913) foi um naturalista inglês, evolucionista, geógrafo, antropólogo, crítico social e teórico. Nasceu em uma família de classe média baixa com dificuldades financeiras. Wallace é conhecido como aquele que propôs a teoria da evolução por seleção natural, independentemente de Darwin. Wallace trabalhou muito no campo, primeiramente na Amazônia e depois no arquipélago Malaio. Sua viagem à Amazônia foi marcada de infortúnios. Primeiro, seu irmão mais novo, que trabalhava como seu assistente no Brasil, morre de febre amarela, no Pará, em 8 de Junho de 1851. Segundo, na sua volta ao Reino Unido, a nau Helen, na qual viajava, pegou fogo e naufragou levando nela toda a sua coleção. O naturalista foi salvo da ruína total pela indenização de 150 libras que recebeu da seguradora pela sua coleta perdida. Wallace é conhecido, também, como o pai da biogeografia.

FILOGENIA

Filogenia (do grego phylon = tribo, raça e genetikos = relativo à gênese = origem) define as hipóteses de relações evolutivas entre os filos, ou seja, as relações filogenéticas de um grupo de organismos. Estudo que determina as relações de ancestral e descendentes entre espécies conhecidas, sejam elas vivas ou extintas.

Por volta de 1900, quando as coleções de museus começaram a ficar mais completas, a taxonomia zoológica sofreu aquilo que podemos chamar aqui de um "choque darwinista". Ficou óbvio que as espécies que até então eram catalogadas como entidades discretas, quando amostradas em áreas diferentes, apresentavam populações de indivíduos numa gradação entre uma espécie e outra quando estas eram amostradas em áreas para as quais a distribuição destas espécies se sobrepunha. Surgiu, então, a noção de espécies politípicas e as categorias subespécies, semiespécies etc. Embora este "choque darwinista" só tenha sido sentido pela taxonomia zoológica por volta de 1900, o naturalista Alfred Russel Wallace tinha sugerido a ideia de variedade geográfica, já em 1865.

O problema da definição de espécie seria posto de maneira explícita por Edward Poulton numa palestra para "Entomological Society", em Londres, em Janeiro de 1904. O título da palestra era: O que é uma espécie? E seguia, em muito, as sugestões de Wallace. Poulton propunha que a singamia (isto é, o intercruzamento) era o que verdadeiramente daria sentido a uma espécie. Esta ideia seria central para o primeiro conceito de espécie informado pela teoria sintética da evolução: o conceito biológico de espécie (CBE). Contudo, a enunciação do CBE e a sua utilização consistente só aconteceram entre 1920 e 1940. Este conceito, talvez o mais popular já definido até hoje, é baseado, principalmente, no fato de que espécies são populações (ou grupos de populações) e não tipos, e devem ser definidas pelo seu isolamento reprodutivo e não por suas semelhanças ou diferenças.

ATIVIDADE 1

Edward Poulton

Sir Edward Bagnall Poulton (1856-1943) foi um entomólogo britânico. Poulton era um darwinista convicto que acreditava na evolução guiada por seleção natural. Ele foi um dos primeiros a reconhecer a importância e traduzir o trabalho de August Weismann para o inglês. Poulton é reconhecido, também, como um dos pais do conceito biológico de espécie.

Marque IAR para os itens que dizem respeito ao período que vai da Antiguidade até o Renascimento e ICL para aqueles que dizem respeito à Idade Clássica.

( ) Platão
( ) Lógica Dedutiva
( ) Lineu
( ) Empirismo
( ) Decifração
( ) Criação, essência, signos
( ) Observação
( ) Lógica Indutiva
( ) Contar, medir, dissecar
( ) Aristóteles

COMENTÁRIO

Você não deve ter encontrado nenhuma dificuldade na resolução dessa atividade. Ela foi muito simples! O objetivo era começar a familiarizá-lo com as ideias de cada período. Se você encontrou alguma dificuldade, é preciso ler com um pouco mais de atenção as informações que foram apresentadas.

3. ALGUNS CONCEITOS DE ESPÉCIE

Atualmente, como dissemos no início desta Aula, existem mais de 20 conceitos de espécie, todos eles com suas vantagens e desvantagens. A análise de um conceito de espécie envolve critérios, tais como universalidade (se é aplicável a todos os tipos de espécie: sexuadas ou assexuadas, fósseis ou ainda vivas etc.), operacionalidade (aplicabilidade prática do conceito no dia-a-dia do sistemata) e significado biológico (o quanto o conceito é coerente com aquilo que entendemos do processo de especiação). Com o uso destes critérios, vamos estudar os conceitos biológico, filogenético, de reconhecimento e coesão de espécies, e tentar entender algumas das dificuldades para se obter um conceito de espécie de uso geral e amplamente aceito.

O conceito biológico de espécie (CBE) é, sem dúvida, o mais popular e influente. Mayr, em seu livro "Populações, espécies e evolução", definiu-o da seguinte maneira:

> ***Espécies são grupos de populações naturais intercruzantes que são isoladas reprodutivamente de outros grupos intercruzantes de populações.***

A ideia central no CBE é o isolamento reprodutivo, que deve ser biológico e não geográfico: as espécies não podem se reproduzir porque apresentam uma incompatibilidade genética, e não porque estão separadas por alguma barreira geográfica. Nesse caso, as espécies são vistas como sistemas fechados, ou seja, sem fluxo gênico. Este conceito é também conhecido como conceito de isolamento de espécie (CIE). Embora popular

e influente, o CBE possui grandes limitações e, por isso mesmo, tem sofrido muitas críticas ao longo dos anos.

A mais antiga crítica ao CBE diz respeito à sua operacionalidade. Embora este conceito defina espécies pelo seu isolamento reprodutivo, a capacidade de intercruzamento da grande maioria das espécies é desconhecida. Por isto mesmo, na prática, a taxonomia baseada no CBE continua sendo feita com base na morfologia, ou seja, utilizando um conceito morfológico de espécie (CME). Do mesmo modo, o isolamento reprodutivo não é um critério universal, já que não se aplica para classificação de espécies com reprodução assexuada ou fósseis. Pelo CBE, espécies, por definição, não hibridizam. Todavia, um grande número de "boas" espécies (aquelas facilmente identificáveis e aceitas pelos sistematas como tal) intercruzam-se na natureza como, por exemplo, as espécies de corvos europeus *Corvus corone* e *C. cornix* e várias espécies de *Drosophila*, dentre muitas outras.

O CBE é assumidamente um conceito que pretende informar sobre o processo de especiação; contudo, as espécies são definidas segundo mecanismos de isolamento reprodutivo, que são resultantes (ou não) do processo de diferenciação genética e não dos mecanismos causais do processo de especiação. Do mesmo modo, a compatibilidade reprodutiva não garante monofiletismo, já que duas espécies podem ser reprodutivamente compatíveis e, no entanto, não partilharem do mesmo ancestral. Um bom exemplo de espécie biológica em que isolamento reprodutivo e unidade histórica não são congruentes é o pequeno mamífero *Thomomys umbrinus*, do México. Nessa espécie, raças cromossômicas (2N= 76 e 2N= 78) apresentam populações em que as relações filogenéticas são mais próximas entre os diferentes grupos cariotípicos que apresentam isolamento reprodutivo, do que para o mesmo grupo cariotípico no qual existe compatibilidade reprodutiva entre as populações. Logo, relações filogenéticas equivocadas podem ser construídas a partir do CBE.

Figura 3 - Da esquerda para direita, desenhos representando o mamífero *Thomomys umbrinus*, um corvo (*Corvus)* e o inseto *Drosophila melanogaster.*

MONOFILETISMO

Monofiletismo é quando um táxon admite um só tronco genealógico, ou seja, o táxon inclui todas as espécies derivadas de uma única espécie ancestral, incluindo este mesmo ancestral. Por exemplo, répteis e aves formam um grupo monofilético porque descendem de um ancestral comum.

Devido às grandes dificuldades enfrentadas pelo CBE, diversos conceitos alternativos de espécie têm sido propostos. As diferentes formas do conceito filogenético de espécie (CFE) são uma destas alternativas. Segundo uma das definições deste conceito, proposta originalmente por Joel Cracraft, em 1983, espécies seriam:

Um grupo irredutível de organismos que pode ser distinguido de outros grupos e dentro do qual existe um padrão de parentesco do tipo ancestral e descendente.

Para o CFE, as espécies devem representar linhagens evolutivas discretas, o que significa dizer que espécies representam grupos monofiléticos. O status de espécie é decidido principalmente com base na coesão

Joel Cracraft

Joel Cracraft, nascido em 1942, é curador do Departamento de Ornitologia do Museu Americano de História Natural (American Museum of Natural History). Recebeu seu doutoramento na Universidade de Colúmbia, em 1969. Seu trabalho de pesquisa se concentra em Sistemática, Biodiversidade e Biogeografia

fenotípica dentro dos grupos contra a descontinuidade fenotípica entre os grupos. Portanto, o CFE dá ênfase ao aspecto mais geral da diversidade biológica, o processo de diferenciação, não importando se este é seguido ou não de isolamento reprodutivo entre os grupos. A maior vantagem deste conceito é a sua universalidade, podendo ser ele usado sem problemas para espécies de reprodução assexuada e fósseis. Espécies que sofrem hibridização também são compatíveis com o CFE. Do ponto de vista teórico, a grande vantagem deste conceito é a introdução do tempo como um elemento na definição de espécie, ou seja, as espécies passam a representar a história de linhagens de ancestral e descendente independentes.

O CFE define espécies com base em caracteres morfológicos, porém não oferece nenhuma pista relativa a caracteres morfológicos que sejam importantes. Isto significa que a variação fenotípica dentro de grupos pode ser interpretada de maneira diversa, sendo, portanto, subjetiva a decisão sobre o que é importante ou não. Além disto, o número de espécies reconhecidas pode ser dependente apenas dos métodos usados e de seu poder de resolução para identificar os caracteres. Por exemplo, grupos taxonômicos como algas, esponjas e corais apresentam um número restrito de caracteres pelos quais podem ser classificados. Como consequência, grande número de espécies nestes grupos foram definidas, no passado, como cosmopolitas (com extensa distribuição geográfica e ecológica). Atualmente, com o desenvolvimento das técnicas de observação, estas classificações vêm sendo revistas.

Além da universalidade, um conceito de espécie deve oferecer explicação sobre os mecanismos evolutivos causais da especiação. O CFE não faz isto, passando à margem de toda discussão a respeito do processo de especiação. Esta é outra limitação deste conceito.

Na tentativa de superar as restrições dos conceitos anteriores, o conceito por reconhecimento de espécie (CRE) foi proposto por Paterson, em 1985, e define espécies como:

Hugh E. H. Paterson

Hugh E. H. Paterson é entomólogo e professor da Universidade de Queensland, Austrália.

O grupo populacional mais inclusivo composto de indivíduos biparentais que partilham um sistema de fertilização comum.

Este sistema de fertilização comum inclui todos os mecanismos de reconhecimento do parceiro sexual, como, por exemplo, comportamento de corte, período reprodutivo, coloração, compatibilidade gamética etc., enfim, todos os componentes responsáveis pelo sucesso reprodutivo da espécie. Todas as barreiras ao fluxo gênico que agem depois da fertilização (inviabilidade e esterilidade dos híbridos, por exemplo) são excluídas da definição. O CRE vê o processo de especiação como uma ação da seleção direcional para maximizar a reprodução entre os indivíduos de uma população. O CRE e o CBE partilham sua ênfase na reprodução e no fluxo gênico; no entanto, o CRE faz isto chamando atenção para os mecanismos que propiciam a reprodução, o que evolutivamente faz mais sentido.

Embora faça mais sentido do ponto de vista biológico e evolutivo, o CRE, com sua ênfase na reprodução, sofre dos mesmos problemas e está sujeito às mesmas críticas feitas ao CBE. O último conceito de espécie que será discutido aqui é o conceito de coesão de espécie (CCE), proposto por Templeton, em 1989. Neste, as espécies são:

Alan Templeton

Alan Templeton é professor de Genética na Universidade de Washington, em St. Louis. Seu trabalho envolve a aplicação das técnicas de biologia molecular e da teoria da genética de populações no estudo de problemas evolutivos, entre eles o conceito e significado das espécies biológicas. Seus interesses envolvem, ainda, biologia da conservação e evolução humana

A população mais inclusiva de indivíduos que possuem o potencial de coesão fenotípica, dado através de mecanismos intrínsecos de coesão.

Estes mecanismos de coesão incluem o fluxo gênico, isolamento reprodutivo, seleção natural estabilizadora, sistema de desenvolvimento, fisiologia e ecologia, dentre outros. A principal vantagem do CCE é a sua

universalidade, podendo incluir, por exemplo, taxa de reprodução assexuada. Do mesmo modo, inclui na definição um grande número de mecanismos evolutivos que promovem a especiação e que estavam ausentes nos outros conceitos de espécie. Entretanto, o CCE sofre das mesmas dificuldades operacionais do CRE e do CBE.

Além dos conceitos biológico, filogenético, de reconhecimento e coesão de espécies podemos citar, apenas a título de ilustração:

- O conceito ecológico de espécie que define espécie pelo seu nicho, preconizando que a ocupação dos organismos de um espaço funcional no ambiente é mais importante que o isolamento reprodutivo, a monofilia ou os mecanismos de coesão ou reconhecimento de espécie, e

- O conceito genealógico de espécie que reconhece a importância de mecanismos como a hibridização e a transferência horizontal de genes entre taxas diferentes, o que tem como consequência o fato de que uma espécie individual pode ter uma multiplicidade de origens genealógicas para os genes que a compõe. Dessa forma, define uma espécie quando é possível obter para o grupo analisado um consenso entre as múltiplas genealogias de genes.

ATIVIDADE 2

Você encontrará a seguir uma lista de características que marcam a ênfase de cada um dos conceitos de espécie discutidos. Marque CBE, CFE, CRE ou CCE, conforme a característica diga respeito aos conceitos biológico, filogenético, de reconhecimento ou coesão de espécies.

( ) Monofilia

( ) Isolamento reprodutivo

( ) Sistema de fertilização comum

( ) Mecanismos de coesão

COMENTÁRIO

Como na ATIVIDADE 1, você não dever ter encontrado muita dificuldade para resolver essa questão; ela também era óbvia! É com um passo de cada vez que toda a informação desta Aula vai ficando assim... Óbvia para você!

4. CONCLUSÃO

A dificuldade com a definição de espécie reflete, em primeiro lugar, o fato de que os diversos conceitos lidam com uma contradição de objetivos. São eles: (a) Definir espécies como unidades taxonômicas. Neste caso, o interesse é ter um conceito que seja útil à descrição e catalogação da biodiversidade. O melhor exemplo desta estratégia é o CFE. (b) Definir espécies como unidade e produto do processo evolutivo. Conceitos deste tipo estão interessados em informar a respeito do processo de especiação, em traçar um programa de pesquisas em genética evolutiva ou simplesmente incorporar aquilo que a genética evolutiva nos informa sobre as espécies. O CRE e o CCE se enquadram nesta estratégia. O CBE, por sua vez, é uma tentativa de satisfazer a ambos os objetivos. Contudo, como já foi discutido anteriormente, este conceito não satisfaz o primeiro objetivo, basicamente por não ser operacional e, ao mesmo tempo, ao assumir as espécies como entidades fechadas, ele confunde mecanismos causais (forças evolutivas) com efeitos possíveis (mecanismos de isolamento), mas não obrigatórios, do processo de especiação.

A definição de espécie é fundamental para o estudo de várias áreas do conhecimento que envolve a biodiversidade, tais como: a ecologia, a evolução, a taxonomia e a conservação. A questão é tão importante que você pode imaginar que em um estudo sobre a diversidade de um local a contagem de espécies pode diferir em até uma ordem de grandeza, dependendo do conceito de espécie utilizado.

Se no curso da evolução é difícil identificar a transição que define um organismo (ver Aula 2: Célula e Organismo), no cotidiano de um biólogo é, geralmente, mais fácil reconhecer os organismos individuais do que unidades maiores que descrevem a biodiversidade tais quais populações, subespécies e espécies. Mais que isso, diferentes áreas da biologia agrupam estas unidades em outras. Por exemplo, os ecólogos agrupam diferentes espécies em comunidades e os taxonomistas em gêneros, famílias, ordens, classes, filos e reinos. Todos estes agrupamentos atendem a determinados interesses de estudo. Mais que isto, aquilo que é definido como espécie nestes agrupamentos tem funções específicas. Assim, para o taxonomista espécie é uma unidade de catalogação e informação; para o ecólogo, a espécie define um grupo de indivíduos para o qual é possível ignorar a influência da variação individual numa comunidade.

Uma tendência dos modernos conceitos de espécie tem sido mudar da visão de espécie como sistema fechado (CBE) para uma visão mais flexível, em que as espécies sejam vistas como produtos da interação entre inúmeras forças evolutivas (CCE). Esta tendência reflete uma mudança de interesse: da simples ordenação da biodiversidade para o entendimento do processo de especiação.

RESUMO

Existem mais de 20 conceitos de espécie. Isto se deve, principalmente, ao fato de que a definição de espécie tenta atender a dois objetivos diversos: ser uma ferramenta para classificar e ordenar o mundo vivo e, ao mesmo tempo, ser uma interpretação das espécies como unidades do processo evolutivo. As primeiras ideias a respeito das espécies datam da Antiguidade; contudo, até a Idade Clássica, entender o que vinha a ser uma espécie estava sempre relacionado à busca de uma essência metafísica. Foi somente no século XIX que as ideias evolutivas passaram a integrar as concepções a respeito de espécies. Primeiramente, com a teoria de Lamarck, e posteriormente, com Darwin, é que a Taxonomia e a Sistemática passaram a ter responsabilidade de representar a filogenia em suas classificações. A análise de um conceito de espécie envolve critérios, tais como: universalidade, operacionalidade e significado biológico. É muito difícil encontrar um conceito de espécie que se adeque a todos esses critérios, já que os conceitos biológico, filogenético, de reconhecimento e coesão de espécies, ora atendem a um ora a outro dos critérios utilizados. Contudo, uma tendência geral dos conceitos mais modernos é passar a encarar as espécies como produtos da interação entre inúmeras forças evolutivas, o que reflete uma mudança de interesse: da simples ordenação da biodiversidade para o entendimento do processo de especiação.

ATIVIDADES FINAIS

1. Explique por que até o Renascimento a definição de espécie era baseada numa decifração do mundo vivo e, a partir de Lineu, ela passa a estar na dependência de uma observação cuidadosa.

COMENTÁRIO

Esta questão demanda uma boa compreensão da discussão que fizemos sobre o histórico do conceito de espécie. Caso não tenha conseguido responder a esta atividade corretamente, é bom reler toda a discussão.

2. Qual a mudança fundamental das concepções a respeito de espécie com a entrada em cena das ideias evolutivas?

COMENTÁRIO

Como na questão anterior, aqui também é preciso que você tenha compreendido bem a discussão sobre os conceitos de espécie.

3. A que se deve a existência de tantos conceitos de espécie?

COMENTÁRIO

Como você já deve ter percebido, as atividades finais desta Aula exigem de você mais do que simplesmente o domínio das informações; é preciso que você saiba utilizar essas informações de maneira crítica.

AUTOAVALIAÇÃO

Esta Aula envolveu dois momentos: uma perspectiva histórica e uma discussão. Nesse sentido, ela não foi exatamente simples, mas esperamos que tenha sido clara o suficiente. As atividades finais podem servir como um bom termômetro da sua compreensão. Caso tenha enfrentado dificuldades

para resolvê-las, aconselhamos uma nova leitura integral do conteúdo que, agora, deve fluir melhor.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima Aula, vamos discutir as questões atuais sobre meio ambiente, biodiversidade e ecologia.

REFERÊNCIAS

Darwin, C. R. A Origem das espécies. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 2002. Tradução de Eugênio Amado da obra Origin of Species. Londres: John Murray, 1859.

Dobzhansky, T. Genética do processo evolutivo. São Paulo: EDUSP/Editora Polígono, 1973.

Magurran, A.E. & May, R.M. (eds). Evolution of biological diversity: from population differentiation to speciation. Londres: Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B, Volume 353, Number 1366, 1998.

Mayr, E. Populações, espécies e evolução. São Paulo: Companhia Editora Nacional/EDUSP, 1977.

Otte, D. & Endler, J.A. (eds). Speciation and its consequences. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 1989.

Paterson, H.E.H. & McEvey, S.F. (eds). Evolution and the Recognition Concept

of Species: Collected Writings. 1st ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1993.

Silva, E.P. Especiação no Ambiente Marinho. Pp. 35-47. In: Biologia Marinha. Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. (organizadores). 2º edição revista e ampliada, Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.

6

Ecologia, Ecologismo e Educação Ambiental

Metas:

1. Descrever a Ecologia como uma das disciplinas das ciências biológicas.
2. Discutir alguns dos desdobramentos sociais e políticos da Ecologia como os movimentos ecológicos e a educação ambiental.

Objetivo:

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta Aula, você seja capaz de:

1- Definir Ecologia.

2- Diferenciar Ecologia de Conservacionismo.

3- Discriminar Ecologia, Ecologismo e Educação Ambiental.

Pré-Requisitos:

A leitura das Aulas 4 (Evolução) e 5 (Espécie) devem ajudar a situar você em alguns nós da rede de relações da ecologia. Por outro lado, ler os jornais diários (ao menos aos finais de semana) ou acompanhar as notícias em alguns telejornais deve lhe fornecer alguns "fatos" nacionais e/ou internacionais que podem estabelecer conexões com esta Aula.

Guia de Aula:

1. INTRODUÇÃO

2. NO PRINCÍPIO ERA O VERBO...

3. A TEIA DE CHARLOTTE

4. JESUS NÃO TEM DENTES NO PAÍS DOS BANGUELAS

5. O DIA SEGUINTE

6. ...E O VERBO SE FEZ CARNE

7. E AGORA JOSÉ?

1. INTRODUÇÃO

Até aqui, os temas que tratamos (origem da vida, célula, organismo, genes, espécie, evolução) eram muito bem delimitados como objetos de estudo da Biologia. Mesmo nos casos em que o assunto provocava muito interesse da mídia (genes) ou discussões de cunho filosófico e religioso (evolução), as aulas tratavam os temas de um ponto de vista interno à Biologia, embora contextualizados histórica e epistemologicamente. O caso, agora, é um tanto diferente... A Ecologia, além de provocar imenso interesse na mídia e, também, discussões nos mais diversos campos (político, econômico, filosófico), tem a sua história marcada pela diversidade, seja de disciplinas que aportaram para seu estabelecimento, seja pelos inúmeros desdobramentos que a partir dela se deram como, por exemplo, o ecologismo e a educação ambiental.

Nesta Aula, tentaremos discutir um pouco a Ecologia, enquanto ciência que se dedica a estudar o funcionamento dos sistemas naturais e como o fenômeno mais recente dos diversos movimentos ecológicos, que se caracterizam como projetos políticos que visam à transformação social, bem como medida institucional para educar os cidadãos para solução dos problemas ambientais (educação ambiental).

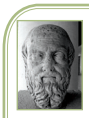
2. NO PRINCÍPIO ERA O VERBO...

Quando surge a Ecologia? A palavra ecologia tem origem no grego "oikos" (= casa) e "logos" (= estudo). Assim, estudar ecologia é estudar o lugar

onde se vive. Definida deste modo, é possível sugerir que, desde o neolítico, o homem primitivo possuía conhecimento "ecológico" adquirido pela procura de abrigo, alimentação etc. O processo de obtenção deste conhecimento era o de "tentativa-e-erro", o que, muitas vezes, levava o indivíduo à morte. No entanto, a matriz do conhecimento ocidental está no pensamento filosófico grego. Foi na Grécia que, a partir da construção da noção de causas naturais para os fenômenos (physis), se tornou possível construir um conhecimento ligado à natureza que viria a se constituir na ciência (ver mais adiante a Aula 7: Biologia e Conhecimento).

Os gregos não inventaram a ciência da Ecologia, mas tentaram compreender a natureza racionalmente, abandonando as explicações míticas. Heródoto, por exemplo, pensou o problema da relação entre predadores e presas, afirmando que animais tímidos, que são comidos por outros, produzem crias com grande abundância, enquanto os predadores produzem uma pequena prole e que, desta forma, se alcança um equilíbrio quantitativo entre presas e predadores. Foi ele, também, quem sugeriu que muitas obras humanas, como pontes e canais, eram perigosas infrações à ordem natural. Da mesma forma, Platão fez análises brilhantes sobre o desmatamento da flora da Ática e a erosão do solo daí resultante, assim como sobre a extinção das nascentes. Teofrasto, discípulo de Aristóteles, deixou escritos nos quais estudava uma planta e sua relação com o brilho do sol, o solo, o clima, a água, a cultura e as outras plantas e animais. Baseava as suas afirmações na observação. Reconhecia a diferença entre grandes zonas climáticas e, também, microclimas. Os filósofos gregos pensavam os problemas das relações de vários seres vivos, incluindo as pessoas entre si e com o seu ambiente. Tais questões podem ser chamadas ecológicas e as respostas dadas por eles podem ser interpretadas como um conhecimento ecológico.

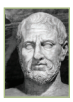
Alguns fatos ocorridos durante a Idade Média fornecem indicações de que uma "preocupação ecológica" estava presente neste período,



Heródoto

Heródoto (485-420 a.C.) foi um geográfo e historiador grego. Sua importância como historiador reside no fato de que além de registrar o passado, ele foi o primeiro a considerá-lo um problema relevante para a pesquisa filosófica, uma vez que poderia revelar aspectos relevantes sobre o comportamento humano. Sua descrição da invasão persa da Grécia, escrita em princípios do século V a.C. é conhecida como "As Histórias de Heródoto". Há em português traduções brasileiras feitas para alguns dos livros de Heródoto, publicadas pela Editora da UnB e pela editora Edições 70.

Teofrasto



Teofrasto (372 a.C.-287 a.C.) filósofo grego integrou o circulo platônico até a morte de Platão quando, então, ligou-se a Aristóteles, sucedendo-o na liderança da sua escola, o Liceu ou Escola Peripatética

mesmo que de maneira despótica. Por exemplo, na Inglaterra, em 1306, o Rei Eduardo I proibiu a queima da madeira, por conta da redução do tamanho das florestas e porque detestava o cheiro doce de madeira, advindo da queima do carvão, e ameaçou os infratores com grandes multas e punições, que incluíam torturas, enforcamentos e decapitação. É deste ano, também, o primeiro registro de um homem executado por queimar carvão na cidade de Londres.

A moderna concepção de Ecologia, contudo, nasce com Darwin. Com a publicação do livro "A Origem das Espécies", em 1859, Charles Darwin estabelece a importância fundamental das relações dos seres vivos entre si e destes com o seu ambiente. A ideia de uma imensa rede de relações entre os seres vivos e seu ambiente é intensamente discutida em "A Origem". Inclusive, os conceitos de "nicho ecológico" e "ecossistema" podem ser creditados a ele, quando afirma que cada espécie ocupa um lugar determinado (nicho) na "economia da natureza" (ecossistema). No entanto, a criação do termo Ecologia (com suas boas raízes gregas), para designar o estudo dos ecossistemas (na sua boa matriz darwiniana), só foi cunhado em 1866, por Haeckel, em seu livro "Morfologia Geral dos Organismos". Haeckel era um zeloso estudioso e divulgador do darwinismo na Alemanha e, no seu livro, propunha o estudo das relações entre as espécies com o meio biótico e abiótico. Outro marco importante no estabelecimento da moderna ecologia foi a publicação, em 1895, de "Ecologia das Plantas: Uma Introdução ao Estudo das Comunidades de Plantas", do botânico dinamarquês, Eugen Warming, também considerado um dos principais fundadores desta ciência. Este livro de Warming foi baseado na sua disciplina "Geografia das Plantas", ensinada na Universidade de Copenhagen. Nela, Warming ensinava como diferentes espécies resolvem problemas similares (climas secos, alagamentos, salinidade, herbivoria etc.) em diferentes regiões do globo. Esta era uma perspectiva moderna da Ecologia que deixava de ser uma mera disciplina descritiva e começava a se preocupar com processos. A Figura 1 apresenta uma linha do tempo mostrando o desenvolvimento da Ecologia descrito aqui.

Rei Eduardo I

Eduardo I da Inglaterra (1239-1307) foi filho de Henrique III e Leonor da Provença. Durante o seu reinado a Inglaterra conquistou e anexou o País de Gales e adquiriu controle sobre a Escócia. O filme Coração Valente (Braveheart, 1995, com direção de Mel Gibson) é uma descrição hollywoodiana da resistência escocesa a partir da luta de um homem.

Ernst Heinrich Haeckel

Ernst Heinrich Philipp August Haeckel (1834-1919) foi um médico e naturalista alemão, popularizador do trabalho de Darwin. Seu trabalho mais famoso é a teoria da recapitulação: "A Ontogenia recapitula a Filogenia". É no seu trabalho "Generelle Morphologie der Organismen" (HAECKEL, E. 1866. Vol I e II. Berlim) que o termo Ecologia aparece na literatura pela primeira vez.

Johannes Warming

Johannes Eugenius Bülow Warming (1841-1924) foi um botânico dinamarquês que publicou o primeiro livro devotado, especificamente, aos estudos ecológicos (WARMING, E. 1895. Plantzamfund, Gundträk af den Ökologiske plantegeografi. Copenhague). Warming iniciou sua carreira no Brasil, trabalhando com fósseis, em Minas Gerais, convidado pelo paleontólogo Peter Lund (1801-1880).

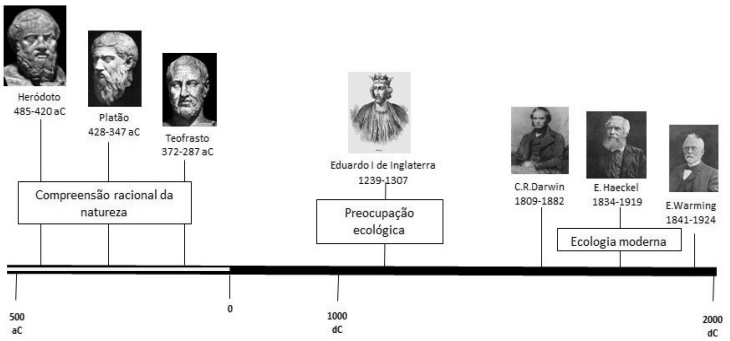


Figura 1- Esquema cronológico mostrando figuras históricas e a determinação de momentos importantes no desenvolvimento da Ecologia.

Neste ponto, podemos definir Ecologia de um modo mais objetivo, como a ciência que estuda os ecossistemas, ou seja, a distribuição e abundância dos seres e suas interações abióticas (seres vivos e ambiente) e bióticas (seres vivos e seres vivos) que determinam a sua distribuição e abundância. Vamos entender um pouco melhor isso...

3. A TEIA DE CHARLOTTE

O ambiente (também chamado, de maneira redundante, de meio ambiente) afeta os seres vivos não só pelo espaço necessário que estes precisam para sua sobrevivência e reprodução, mas, também, porque influencia as suas funções vitais, incluindo aí desde o seu metabolismo até o comportamento. Por outro lado, os seres vivos não são entes passivos, eles, também, alteram permanentemente o ambiente em que vivem. Por exemplo, um formigueiro é um ambiente construído pelas formigas apresentando condições físicas, químicas e biológicas completamente distintas do entorno. De

maneira mais dramática, um recife de coral é uma construção realizada por invertebrados marinhos do grupo dos cnidários.

Além das relações entre os seres vivos e seu ambiente, as relações entre os diversos seres vivos existentes num ecossistema influenciam, também, na distribuição e abundância deles próprios. Por exemplo, os seres vivos podem competir entre si por espaço, alimento ou por parceiros para a reprodução. Do mesmo modo, alguns organismos podem servir como presas para outros ou como predadores. A cooperação entre diferentes espécies para a sua mútua sobrevivência (simbiose) é outro tipo de relação estabelecida entre seres vivos. Assim, embora a Ecologia seja umas das disciplinas da Biologia, e tenha que se valer de outros conhecimentos dela, tais quais: a Fisiologia, a Etologia etc., ela precisa, também, de conhecimentos de várias outras ciências, tais como: a Geografia, a Química, a Física, a Geologia etc.

Como você já deve ter percebido, o conceito fundamental da ecologia é o de ecossistema. Este conceito define que os elementos da natureza não existem isolados uns dos outros, mas tendem a se interagir uns com os outros, formando sistemas complexos que tem certa capacidade de se autorregularem e de se manterem perenes dentro de certos limites, ao longo do tempo. Um lago, uma restinga, por exemplo, podem ser entendidos como ecossistemas. Como você deve estar percebendo, deve ser possível, numa dada área, definir diferentes ecossistemas, alguns dos quais com elementos sobrepostos. Embora possa parecer complicado, existem alguns princípios que podem nos ajudar na delimitação de um ecossistema:

1) Ecossistemas têm de apresentar interdependência, ou seja, na unidade funcional do ecossistema tudo esta relacionado com tudo. Dessa forma, interferir com um elemento do sistema, tem como consequência interferir em todo ecossistema. Um exemplo clássico disto que estamos falando é a relação presa e predador. Se exterminarmos os predadores

de um dado organismo, este terá reduzida a sua taxa de mortalidade por predação, mantendo a taxa de natalidade inalterada. O resultado disso é a explosão demográfica deste organismo.

2) A interdependência de um ecossistema é dinâmica! Isto quer dizer que a rede de relações não estava ali desde sempre, mas foi sendo produzida ao longo do processo evolutivo das espécies e dos ambientes. Embora esta ordem dinâmica seja coesa, todavia, é extremamente frágil, uma vez que depende de que as condições que as mantém não sofram alterações drásticas.

3) Esta ordem dinâmica interdependente faz com que um ecossistema tenha certa capacidade de se autorregular. Isto quer dizer que na eventualidade de alguma modificação, o ecossistema é capaz de se reordenar e se ajustar à nova situação, estabelecendo novo equilíbrio. Isto é o que chamamos de homeostase do ecossistema. Contudo, (como você pode imaginar) a homeostase do sistema não é ilimitada. Danos sucessivos e/ou violentos podem levar o ecossistema ao colapso.

4) Uma propriedade semelhante à homeostase, mas que se diferencia desta pelo grau de recuperação de um ecossistema, é denominada resiliência. Assim, na ecologia, resiliência é a capacidade de um determinado ecossistema de retornar ao seu estado de equilíbrio original após grandes perturbações naturais ou antropogênicas (ação humana). O conhecimento da resiliência dos ecossistemas é extremamente importante para se conhecer os limiares além dos quais os sistemas ecológicos não podem mais se recuperar ou voltar ao estado original. Um exemplo muito conhecido onde o limiar de resiliência foi ultrapassado é o deserto de Harrapan, no Paquistão Ocidental.

O conceito de resiliência tem origem nas ciências exatas, mais particularmente na física e nas engenharias. Ele está associado à capacidade máxima de um material suportar uma determinada tensão e mesmo uma modificação plástica sem, no entanto, se deformar de maneira permanente. Atualmente este conceito vem sendo aplicado em outras áreas de conhecimento, incluindo a Ecologia.

DESERTO DE HARRAPAN

Os registros históricos mostram que Harrapan era uma região abundante em florestas e com um alto índice de pluviosidade. Para expandir as atividades agropastoris, os camponeses paquistaneses foram desmatando a floresta paulatinamente. Até um percentual de cerca de 50% de desmatamento, as chuvas se mantiveram constantes e o restante da floresta resistia e até mostrava áreas de recuperação. Quando o desmatamento atingiu um limiar acima de 50%, as chuvas começaram a diminuir, a região foi se tornando cada vez mais árida e a floresta desapareceu de vez. Atualmente a região é bastante seca e já não pode sustentar a biodiversidade de outrora, nem mesmo o grande número de camponeses com os seus rebanhos de bodes e carneiros.

5) Ora, se os ecossistemas são ordens dinâmicas interdependentes homeostáticas, podemos deduzir que quanto maior a diversidade do sistema maior será a sua capacidade de se autorregular. Assim, ecossistemas mais diversos são ecossistemas mais estáveis.

6) Outra característica importante dos ecossistemas é o fato de que eles são sistemas abertos com um fluxo constante de matéria e energia. A fonte primária de energia é a luz solar que, pela fotossíntese, produz a matéria orgânica consumida pelos herbívoros, que, por sua vez, são predados pelos carnívoros que, depois de mortos, serão decompostos pelos fungos e bactérias, voltando ao solo como nutrientes para as plantas. Esse mecanismo, como você já sabe, é a famosa teia alimentar.

7) Ora, um mecanismo como o descrito acima proporciona uma reciclagem constante de matéria e energia no ecossistema, que vai dos seres vivos ao ambiente e do ambiente aos seres vivos. Essa reciclagem permanente é que permite que elementos como oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio e outros estejam em permanente circulação no ecossistema, formando aquilo que conhecemos como (não poderia deixar de ser) ciclos bio-geo-químicos.

Como você pode ver, o planeta Terra pode ser considerado um complexo imenso de ecossistemas variados como as florestas tropicais úmidas, os oceanos, as águas continentais e por aí vai. É possível ainda fazer recortes e delimitações macroscópicas, em um nível hierárquico superior ao de ecossistema. A partir destes recortes, surgiu o conceito de bioma (bio = vida, oma = massa). Os biomas são caracterizados como grandes áreas, que podem chegar até mais de um milhão de quilômetros quadrados, ultrapassando, muitas vezes, as delimitações continentais, contendo uma variedade de ecossistemas, mas que, como são co-determinados por fatores macro-climáticos, mantêm certa uniformidade fitofisionômica. Baseado nestas características, os pesquisadores dividiram o globo terrestre em nove zonas climáticas, distribuídas praticamente como faixas ou zonas latitudinais da Terra, que vão do equador aos pólos. Como o macroclima é de fundamental importância para a vegetação, cada uma dessas faixas representa uma grande unidade ecológica da geobiosfera (bioma) - que, também, recebe o nome de zonobioma, dependendo da faixa latitudinal que ocupa no globo terrestre (vide Tabela 1).

Tabela 1. Classificação dos Zonobiomas de Walter (1986) com seus respectivos climas e tipos de vegetação zonal.

Zonobioma	Clima	Vegetação Zonal
I	Equatorial, úmido e quente, cujas variações térmicas maiores ocorrem dentro de períodos diários	Florestas pluviais tropicais sempre verdes
II	Tropical, com chuvas de verão e inverno seco	Florestas tropicais estacionais ou savanas
III	Subtropical árido	Desertos quentes
IV	Mediterrâneo, com chuvas de inverno e verão seco	Vegetação esclerófila (chaparral, maqui)
V	Quente-temperado sempre úmido	Florestas subtropicais sempre verdes
VI	Temperado úmido, com inverno curto	Florestas temperadas caducifólias
VII	Temperado árido	Estepes ou desertos com inverno frio
VIII	Boreal	Florestas de coníferas (Taiga)
IX	Polar	Tundras

A formação deste complexo ecológico se iniciou há mais de 3 bilhões de anos atrás (ver Aula 1: Origem da Vida) e foi se formando a partir de um lento processo evolutivo (ver Aula 4: Evolução). A raça humana (*Homo sapiens sapiens*) integra este complexo há não mais do que 200 mil anos, contudo, foi só nos últimos 300 anos, com o desenvolvimento da moderna sociedade industrial, que se começou a verificar efeitos preocupantes da ação humana sobre o planeta. As alterações causadas aos vários ecossistemas pelo homem, bem como uma maior compreensão dos conceitos ecológicos, levaram ao conceito da Ecologia humana, que estuda as relações entre o homem e a biosfera, principalmente do ponto de vista da manutenção da sua saúde, não só física, mas também social. Desde o seu surgimento, existe uma questão central a essa disciplina: a qual ciência pertence a Ecologia humana? Ciências como a Biologia (com o estudo das cadeias tróficas e o ser humano), a Geografia (com o estudo das disperções populacionais e os estudos migratórios), a Antropologia (com os estudos adaptativos-culturais da raça humana) e a Psicologia (com as pesquisas que relacionam o meio-ambiente e o comportamento humano), trabalham com aspectos daquilo que pode ser entendido como Ecologia humana. Este fato indica que a Ecologia humana é uma disciplina que atravessa muitas ciências (transdisciplinar).

Como dissemos antes, no começo desta Aula, falar em ecologia é falar de uma diversidade de disciplinas, mais que isso, de uma diversidade de desdobramentos. Assim, com o passar do tempo, surgiu, também, o conceito de conservação que se impôs na atuação dos governos, quer através das ações de regulamentação do uso do ambiente natural e das suas espécies, quer através de várias organizações ambientalistas que promovem a disseminação do conhecimento sobre estas interações entre o homem e a biosfera. Chegamos a um primeiro desdobramento importante da ecologia: o conservacionismo.

ATIVIDADE 1

Identifique nos fatos da direita as características dos ecossistemas destacadas à esquerda.

1-Interdependência

( ) Os elementos químicos ora estão participando da estrutura de moléculas inorgânicas, na água, no solo ou no ar, ora estão compondo moléculas de substâncias orgânicas, nos seres vivos.

2- Maior diversidade=maior estabilidade

( ) O aumento populacional de *Lonomia obliqua* (taturana) ocorreu em muitos centros urbanos brasileiros devido aos desequilíbrios ambientais decorrentes dos desmatamentos e extermínio dos seus inimigos naturais (aves, lagarto-teiú, sapos etc.).

3- Reciclagem de matéria e energia

( ) A Amazônia é a maior floresta do mundo, representando 35% de todas as florestas do mundo. É considerada também uma das mais antigas coberturas florestais, permanecendo estabilizada a cerca de 100 milhões de anos.

COMENTÁRIO

O objetivo desta atividade foi fazer você identificar em fatos ecológicos concretos os conceitos ecológicos que nós estudamos aqui, contudo, em situações não muito complicadas. Se você encontrou alguma dificuldade, é preciso tentar entender melhor os princípios que ajudam na delimitação de um ecossistema.

4. JESUS NÃO TEM DENTES NO PAÍS DOS BANGUELAS

O conservacionismo, como o nome facilmente sugere, visa à conservação do ambiente natural, como um todo, de suas partes ou aspectos dele. A motivação da atitude conservacionista é a pressão destrutiva que a sociedade industrial moderna exerce sobre o ambiente. O conceito de conservação foi desenvolvido no final do século XIX. Nesse período, naturalistas, artistas e amantes da natureza começaram um movimento para deter a destruição das áreas naturais. A conservação difere da preservação. Preservar é manter intacto e a conservação prevê a exploração racional e o manejo contínuo dos recursos naturais. O conceito de conservação pode ser resumido, portanto, como o uso adequado e racional dos recursos naturais. Esta definição remete a um relacionamento ético entre as pessoas e os recursos naturais, promovendo a utilização coerente destes recursos de modo a não destruir sua capacidade de servir as próximas gerações e garantindo a sua renovação.

A atitude conservacionista se intensifica no século XX. Em 1948 é criada a União Internacional para a Conservação da Natureza e seus recur-

sos (the International Union for Conservation of Nature-IUCN), com sede na Suiça. No Brasil, em 1934, houve a Primeira Conferência Brasileira de Proteção à Natureza, realizada no Museu Nacional (RJ). Três anos depois era criado o primeiro Parque Nacional Brasileiro, na região de Itatiaia (RJ) e, em 1958, foi criada a Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN). Desde então, outros grupos com objetivos conservacionistas têm sido criados em todo Brasil, demonstrando que temos aqui um movimento conservacionista bem estabelecido.

O conservacionismo busca encontrar soluções pragmáticas para os problemas ambientais e os desafios do desenvolvimento. Para tanto, apóia pesquisas científicas, assessora governos, comunidades e empresas no desenvolvimento de políticas e de melhores práticas de relação com os recursos naturais. No âmbito do legislativo, as forças e os agentes conservacionistas influenciam na formulação e no cumprimento de leis, ditas, conservacionistas. O conservacionismo está muito preocupado com a solução dos problemas, mas... E as suas causas? Para além de lutar pela conservação da natureza, existe um movimento preocupado em reestruturar a própria relação dos seres humanos com a natureza e dos seres humanos entre si, ou seja, se configuram como projetos políticos que visam à transformação social. Estas idéias caracterizam aquilo que vem sendo chamado de ecologismo.

5. O DIA SEGUINTE

O ecologismo nasce da percepção de que os problemas ecológicos e as ameaças à sobrevivência das espécies, da humanidade e do próprio planeta não advêm de problemas setoriais e ocasionais do sistema social-político-econômico vigente, mas é produto direto deste sistema. Dessa forma, o ecologismo pretende uma mudança global nas estruturas econô-

micas, sociais, políticas e culturais da sociedade como forma de solução para a crise ecológica. Mais que objetivos conservacionistas (solucionar problemas ambientais), o ecologismo é um projeto político que visa resolver, também, a crise social, até porque crise ecológica e crise social são duas faces da mesma moeda!

Como projeto político, portanto, o ecologismo está preocupado em construir formas sociais e culturais que permitam a existência de uma sociedade nova: não opressiva, igualitária, fraterna e libertária. Este projeto tem produzido experiências diversas ao redor do mundo na tentativa de demonstrar a sua viabilidade prática. Entre elas encontramos as novas formas de tecnologia, de vida comunitária, de educação, relações econômicas etc.

Além das suas origens na ecologia e no conservacionismo, o ecologismo tem muito do seu espírito ligado aos anos de 1960, com o movimento hippie, a contracultura e o maio de 1968. Outras matrizes são o pacifismo, o feminismo, o anarquismo, o socialismo, além de muita influência também de tendências religiosas e espiritualistas. Como você pode deduzir, com uma origem tão diversificada e sendo um projeto político, o ecologismo tem, na atualidade, uma série de matizes e tendências: ecologismo de esquerda, direita, centro, ultra-esquerda, terrorista. Não é piada! O ecologismo é quase um saco de gatos, a diferença é que quando você chuta, alguns deles latem (isto é uma piada!).

OS HIPPIES, A CONTRACULTURA E MAIO DE 68

Os hippies eram comunidades que faziam parte do que se convencionou chamar "movimento de contracultura", dos anos 1960, nos EUA. No Brasil o movimento teve força nos anos 1970, quando ele já esmaecia nos EUA. Terminou por aqui entre 1982-1990 com a repressão da ditaduta militar. As questões ambientais, a prática de nudismo e a emancipação sexual eram ideias defendidas e respeitadas pelos hippies.

A contracultura também chamada underground, cultura alternativa ou cultura marginal foi um movimento jovem que teve seu auge na década de 1960. A contracultura buscava novos espaços e novos canais de expressão para os indivíduos e uma nova realidade cotidiana. Contestava os valores vigentes e instituídos da cultura ocidental. Os hippies são uma expressão popular da contracultura.

O maio de 1968 aconteceu na França. Começou como uma série de greves estudantis de universidades e escolas secundárias em Paris e evoluiu para uma greve geral adquirindo significado e proporções revolucionárias. Alguns historiadores e filósofos consideram a rebelião o acontecimento revolucionário mais importante do século XX.

PACIFISMO, FEMINISMO, SOCIALISMO E ANARQUISMO

O pacifismo é uma filosofia, movimento ou ideologia de oposição à guerra. O termo abarca desde a preferência por meios não-militares de solução dos conflitos até a negação total do uso de qualquer meio violento, em qualquer circunstância.

O feminismo é uma filosofia, movimento ou ideologia que defende direitos iguais e uma vida liberta de qualquer opressão baseada em normas de gênero. Inclui um amplo espectro de posições: feminismo liberal, libertário, pós-moderno etc.

O socialismo define qualquer teoria de organização econômica que defende a propriedade pública ou coletiva dos meios de produção, assim como a administração dos bens na sociedade. Uma sociedade socialista se caracteriza pela igualdade de oportunidades para todos os indivíduos.

O anarquismo é uma filosofia, movimento ou ideologia política que é contra todo e qualquer tipo de governo compulsório, ou seja, que não seja livremente aceito. São contra qualquer tipo de ordem hierárquica. Preconizam organizações libertárias.

Diante de tanta diversidade e mesmo contradições do ecologismo (esquerda x direita, terrorismo x pacifismo, socialismo x capitalismo) é possí-

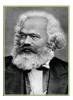
vel encontrar alguma coisa com a qual todos concordem e pela qual seja possível chamar a todos de ecologistas? Sim, a crise ecológica, ou seja, a percepção de que estamos vivendo profundos problemas ambientais é uma das questões que une todas estas correntes. Esta crise é baseada no fato de que o modo de produção e de consumo atual é fundado numa lógica de acumulação ilimitada (capital, lucros, mercadorias) e consumo exacerbado que leva, inapelavelmente, ao esgotamento dos recursos e a destruição acelerada do meio ambiente. Diante disto, os ecologistas se dividem entre os otimistas, os pessimistas e os "muito pelo contrário".

Os otimistas acreditam que o desenvolvimento da ciência e da técnica pode levar a uma utilização racional dos recursos naturais do planeta, garantindo o nível de consumo do desenvolvimento sem acarretar o esgotamento dos recursos naturais. Os pessimistas, por outro lado, consideram que é preciso limitar de forma drástica o crescimento demográfico, o consumo de energia e o nível de vida das populações. "Muito pelo contrário" da visão otimista ou pessimista, são aqueles que advogam a mudança qualitativa do desenvolvimento. Isto significa abrir mão da lógica da acumulação e do consumo (capital, lucro, mercadorias) e estabelecer uma lógica do planejamento e das necessidades (saúde, educação, transporte, alimentação).

Entre otimistas, pessimistas e os "muito pelo contrário" existe uma discussão importante. Esta discussão diz respeito ao conceito de desenvolvimento sustentável (DS) que pode ser definido como uma estratégia que conjuga o crescimento econômico com progresso técnico capaz de poupar recursos materiais, sem restringir o ritmo de acumulação capitalista, onde a natureza é considerada como capital. Este conceito foi proposto, originalmente, no Relatório intitulado "Nosso Futuro Comum", produzido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), criada na Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) em 1983. Uma das novidades trazida por este conceito é considerar a pobreza como umas das principais causas e um dos principais efeitos dos proble-

mas ambientais no mundo e, portanto, concluir que, em um mundo onde a pobreza é endêmica, as catástrofes ecológicas ou de outra natureza são inevitáveis. Consequentemente, esta estratégia justifica a necessidade da expansão econômica, uma vez baseada na premissa que todos os países precisam atingir a mesma potencialidade dos países desenvolvidos. O problema deste conceito, diriam os pessimistas e os "muito pelo contrário", é que ele mascara o consumo excessivo dos países desenvolvidos e o fato de que existe uma poluição que é inerente à riqueza. Na Figura 2 apresentamos uma estimativa da demanda de consumo (baseada no nível de consumo dos países desenvolvidos) e da capacidade de recuperação dos recursos naturais do planeta.

Karl Marx



Karl Heinrich Marx (1818-1883) foi um intelectual e revolucionário alemão, criador do materialismo histórico, a base científica do comunismo moderno. Marx atuou como economista, filósofo, historiador, político e jornalista. Em 1848, Marx juntamente com Friedrich Engels (1820-1895) publicou o "Manifesto Comunista", no qual faz uma dura crítica ao modo de produção capitalista e à forma como a sociedade se estruturou através desse modo de produção. Define o proletariado como a classe social capaz de, através da revolução, inaugurar um novo modo de produção, o comunista. Neste novo modo de produção a propriedade privada seria abolida e haveria apropriação social dos produtos sociais. Com o desenvolvimento do comunismo a divisão em classes sociais desapareceria e o poder público perderia seu caráter opressor.

A POLUIÇÃO DA RIQUEZA E DA POBREZA

A poluição da riqueza é resultado de um alto padrão produtivo e tecnológico, do consumo supérfluo e do desperdício da minoria privilegiada com os resultados do progresso e do crescimento econômico. Poluição da riqueza: usinas nucleares, chuvas ácidas, consumo exacerbado, dificuldade em dar destino ao excesso de lixo, doenças provocadas por excesso de alimentos, álcool, drogas e medicamentos.

A poluição da pobreza é resultante dos baixos padrões de vida de grande parte da população do planeta. Poluição da pobreza: falta de tratamento e/ou adequação de esgotos, lixões a céu aberto, falta de atenção médica e medicamentos, consumo de álcool e drogas.

Como você deve estar notando, estamos chegando a uma contradição que, talvez, seja maior do que a questão da crise ecológica. Uma contradição que foi explicitada em 1848, por Karl Marx: a contradição entre capitalismo e socialismo! Mas este é outro assunto, que você não verá aqui, mas... nada o impede de procurar saber.

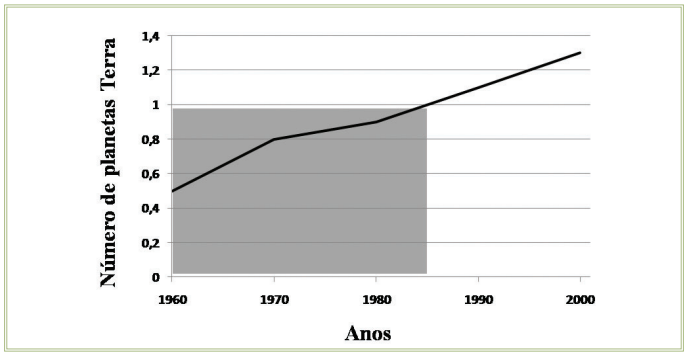


Figura 2 - Relação entre demanda de recursos e a capacidade do planeta. A área cinza indica que desde meados dos anos 1980 o nível de consumo é maior do que a capacidade de recuperação dos recursos naturais.

O que você ainda vai ver aqui é que na medida em que a preocupação ecológica se tornou generalizada, ela foi institucionalizada com o nome de educação ambiental.

6. ...E O VERBO SE FEZ CARNE

Embora Heródoto e Platão já os descrevessem, os problemas ambientais começam a se tornar dramáticos a partir do século XIX, com a Revolução Industrial e o desenvolvimento do capitalismo. Mas é no século XX, a partir da década de 1960, que este processo de exploração/exaustão da natureza fica conhecido como crise ambiental e ganha projeção popular a partir do lançamento do livro "Primavera Silenciosa", de Rachel Carson, em 1962. Neste livro, a escritora documentou os efeitos deletérios dos pesticidas no ambiente, particularmente em aves. O título do livro faz alusão à possibilidade de uma primavera em que o canto dos pássaros não pudesse mais ser ouvido pelo simples fato de que eles teriam desaparecido pelo uso abusivo dos pesticidas, especialmente o DDT.

Rachel Carson

Rachel Louise Carson (1907-1964) foi uma bióloga e escritora americana que iniciou sua carreira como escritora da natureza, em 1950. Seu primeiro best-seller foi o livro "The Sea Around Us". Seu livro "Silent Spring" é, geralmente, reconhecido como o principal impulsionador do movimento ambientalista.

O marco inicial de interesse institucional pela temática ambiental foi a Conferência da Organização das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em 1972, em Estocolmo. Nesta conferência, chefes de estados de diversos países se reuniram para discutir os problemas, as soluções e as projeções para o futuro (ambiental) do planeta. Como parte das resoluções tomadas nesta conferência, a educação é apontada como estratégia para a mudança de atitude em direção de um uso equilibrado dos recursos naturais pelos indivíduos, ou seja, institui-se a necessidade de uma educação ambiental (EA) para lidar com os problemas do binômio degradação/preservação. Abaixo, na Figura 3, são representados eventos importantes desta história com a qual temos trabalhado até aqui, desde a origem da vida e da biodiversidade (filogenia), passando pela origem da espécie humana até quando é explicitada a necessidade de uma EA.

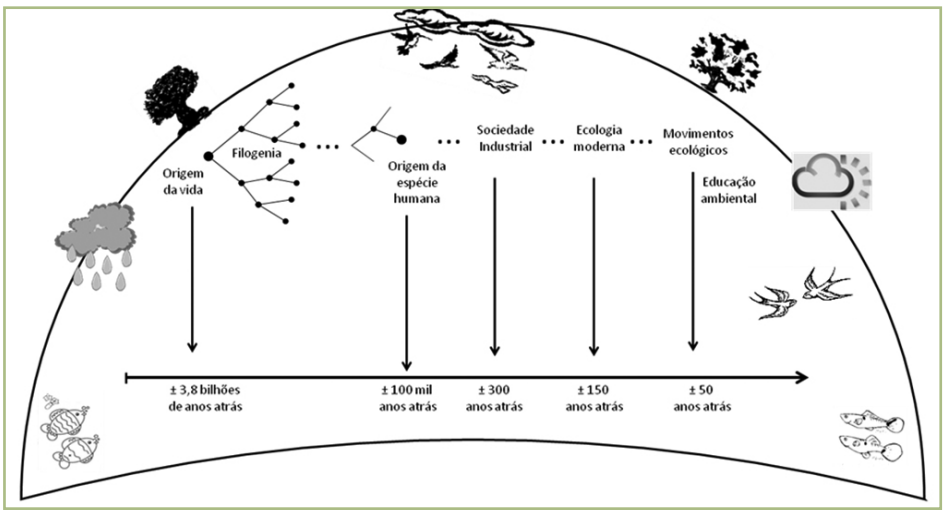


Figura 3 - Linha do tempo apresentando eventos importantes no estabelecimento dos ecossistemas (origem da vida, filogenia), dos problemas ambientais (origem do homem, surgimento da sociedade industrial) e da consciência ecológica (Ecologia moderna, movimentos ecológicos, Educação ambiental).

Ao mesmo tempo em que ocorria a Conferência de Estocolmo, o coletivo dos países ricos economicamente, conhecido então como Clube de

Roma, publicava um documento em que denunciava o provável colapso da humanidade se o modelo de crescimento humano não fosse reavaliado. As conclusões do Clube de Roma eram baseadas em estudos de crescimento demográfico e exploração dos recursos naturais. Este alerta teve um efeito nas discussões que aconteciam na Conferência de Estocolmo e dela saíram dois documentos importantes: Declaração sobre o ambiente humano e Plano de ação mundial. É no Plano que aparece a recomendação de capacitação de professores e o desenvolvimento de novos métodos e recursos pedagógicos para uma educação ambiental (EA). A UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), adotando estas recomendações, promoveu três conferências internacionais sobre EA.

O Encontro de Belgrado, realizado em 1975, na ex-Iugoslávia, congregou especialistas de 65 países e preconizou uma nova ética planetária, na qual fosse promovida a erradicação da pobreza, o analfabetismo, a fome, a poluição e a exploração e dominação humanas. Neste encontro, foi sugerida a criação de um programa mundial em EA, para o qual a UNESCO criou o Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA). Este programa produziu publicações (boletins, livros) e realizou eventos em EA, envolvendo professores e estudantes ao redor do mundo, além de constituir uma base de dados mundial sobre instituições e projetos em EA.

A Primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, realizada em Tbilisi (Georgia, CEI), em 1977, definiu na sua declaração, os objetivos, funções, estratégias, características, princípios e recomendações para a EA. Segundo este documento, a EA deveria basear-se na ciência e tecnologia para a adequada apreensão dos problemas ambientais e mudança de conduta em relação à utilização dos recursos naturais. Deveria ser voltada tanto para educação formal quanto informal, incluindo pessoas de todas as idades, sendo, portanto, permanente. Foram definidos também o seu caráter interdisciplinar e de mobilização para solução de problemas ambientais do cotidiano.

A terceira e última conferência foi realizada em 1987, em Moscou. Nesta conferência, reuniram-se educadores e foi aperfeiçoado o arcabouço teórico-metodológico da EA. A Conferência de Moscou reforçou aquilo que tinha sido definido em Tbilisi, reafirmando que a EA deveria preocupar-se tanto com a transmissão de informações quanto com a conscientização, o desenvolvimento de hábitos e habilidades e a promoção de valores. Tudo isto visando à resolução de problemas e tomada de decisões.

Já nos anos de 1990, foi realizada no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas para o meio ambiente e desenvolvimento, a Rio'92. Como em Estocolmo, essa era uma conferência de chefes de estado, a portas fechadas, e nela foram assinados os acordos internacionais: Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Agenda 21, Declaração de Florestas, Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas e a Convenção sobre Diversidade Biológica. Contudo, paralelamente a esta reunião, foi promovido no Aterro do Flamengo um evento, onde cerca de dez mil organizações não governamentais (ONGs) e da sociedade civil se reuniram e debateram a questão ambiental. Neste evento, inúmeros encontros sobre EA foram realizados e reafirmados os princípios das conferências anteriores: o caráter permanente da EA e sua característica de educação, tanto formal quanto não formal.

Neste ponto, é possível reafirmar a definição já dada para EA: uma medida institucional para educar os cidadãos para solução dos problemas ambientais. Perceba você que a EA aposta em mudanças comportamentais nos campos cognitivo e afetivo como forma de solução para a crise ecológica. Esta é, certamente, uma posição um tanto diferente do ecologismo: foco no cidadão ao invés do sistema social-político-econômico.

7. E AGORA JOSÉ?

Uma coisa que esperamos que você tenha compreendido, neste momento em que nos encaminhamos para o fim desta Aula, é o fato de que ecologia, conservacionismo, ecologismo e educação ambiental não são coisas com limites muito severos, tanto do ponto de vista histórico quanto do ponto de vista das ideias, objetivos, programas etc. Portanto, aquilo que fizemos aqui foi desenhar um painel para a sua compreensão da diversidade envolvida no tema ecologia.

Antes de terminarmos (ou para terminarmos) gostaríamos que você assistisse a dois filmes. Um se chama "A História das Coisas" e o outro "Ilha das Flores". Ambos estão disponíveis, gratuitamente, na internet. Um deles no youtube (A História das Coisas) e o outro no portal de curtas da Petrobrás (Ilha das Flores). Para facilitar a sua vida é só clicar nos links fornecidos abaixo e ir direto aos filmes. Caso você não tenha acesso direto à internet, é só copiar os links fornecidos e acessar os filmes num "Local Area Network House" (Lan House). Esperamos que estes filmes possam funcionar como um comentário desta aula e que, de modo recíproco, esta aula possa funcionar como um comentário sobre estes filmes.

Os links:

1) A História das Coisas

http://www.youtube.com/watch?v=lgmTfPzLl4E

2) Ilha das Flores

http://www.portacurtas.com.br/pop_160.asp?cod=647&Exib=1

RESUMO

A palavra ecologia é (nos dias de hoje) carregada de sentidos. Enquanto ciência, ela nasce com a publicação do livro "A Origem das Espécies", de Charles Darwin, em 1859. No entanto, a criação deste termo para designar o estudo dos ecossistemas só foi cunhado, em 1866, por Haeckel. A Ecologia estuda a distribuição e abundância dos seres e as interações abióticas e bióticas que determinam a sua distribuição e abundância. Assim, embora seja umas das disciplinas da Biologia, a Ecologia tem que se valer de outras disciplinas biológicas, como a Fisiologia e a Etologia, além de conhecimentos de várias outras ciências, tais como: a Geografia, a Química, a Física, a Geologia e, também, as ciências sociais, no seu sentido amplo. Com o aprofundamento dos conhecimentos sobre os ecossistemas, além da percepção dos vários problemas ambientais, se desenvolveu a atitude conservacionista, que é a tentativa de manter a exploração racional e o manejo contínuo dos recursos naturais. Esta atitude depende de um relacionamento ético entre as pessoas e os recursos naturais, promovendo a utilização coerente destes recursos, de modo a não destruir sua capacidade de servir às próximas gerações, garantindo a sua renovação. Dessa forma, o conservacionismo pretende ajudar o mundo a encontrar soluções pragmáticas para os problemas ambientais e os desafios do desenvolvimento. Para além de lutar pela conservação da natureza, existe um movimento preocupado em reestruturar a própria relação dos seres humanos com a natureza, e dos seres humanos entre si, ou seja, um movimento configurado em projetos políticos que visam à transformação social. Estas ideias caracterizam aquilo que vem sendo chamado de ecologismo. Este movimento pretende uma mudança global nas estruturas econômicas, sociais, políticas e culturais da sociedade como forma de solução para a crise ecológica. Mais que isso, encara a crise ecológica e a crise social como duas faces da mesma moeda. Uma vez que a preocupação ecológica se tornou generalizada, ela foi institucionalizada com o nome de educação ambiental, que se caracteriza como uma medida institucional para educar os cidadãos para a solução dos problemas ambientais. Neste

caso, a aposta é que mudanças comportamentais nos campos cognitivos e afetivos são capazes de ajudar na solução da crise ecológica, posição bem diversa daquela do ecologismo, que tem seu foco no sistema social-político-econômico. Ecologia, conservacionismo, ecologismo e educação ambiental não são coisas com limites muito demarcados, tanto do ponto de vista histórico quanto do ponto de vista das ideias, objetivos e programas. É neste sentido que foi afirmado que ecologia é hoje um termo polissêmico.

ATIVIDADES FINAIS

1- Crie uma ficha técnica para os filmes assistidos para conclusão desta aula. Esta ficha deve incluir: título do filme, ano, diretor, país da produção e palavras-chave.

COMENTÁRIO

Esta atividade deve ter permitido a você assistir os filmes mais de uma vez (se procurou as informações nos créditos) ou promovido a necessidade de "navegar" um pouco para obter informações que nem eram tão difíceis de obter assim. Ou seja, esperamos ter promovido um envolvimento maior da sua parte com os filmes, sua temática, seus objetivos etc. Solicitar palavras-chave, embora uma demanda simples, exigiu de você um esforço de análise e, depois, síntese. Obviamente que não existe a obrigação de concordarmos nas palavras-chave escolhidas, mas, mais uma vez, a comparação entre elas (as nossas e as suas) lhe dará a perspectiva de que as escolhas não foram gratuitas, nem da nossa parte nem da sua.

2- Por que a moderna concepção de Ecologia nasce com Darwin?

COMENTÁRIO

Terminada a sessão cinema, esta questão retorna ao conceito básico que produz o leque de atividades, movimentos e discursos que envolvem a palavra ecologia: o conceito de ecossistema e sua origem. Este é o "começo de conversa", acertando esta questão estamos em terreno sólido. De outra forma, seria interessante você retornar a leitura atenta desta passagem no texto.

3- Existe ao longo desta aula, nos títulos dos subitens, algumas referências culturais (livro, disco, filme) que fazem comentários explícitos e/ou implícitos aos temas discutidos. Ou seja, uma rede, uma teia de referências cruzadas! (Isto lembra a você alguma coisa?!). Pois bem, identifique estas referências e as explicite (não exigimos de você que explique os objetivos dos autores, mas, certamente, você agora deve estar pensando sobre isto).

COMENTÁRIO

Como na primeira questão destas atividades você não deve ter tido muito problema para identificar e explicitar quem eram as referências. Esperamos que o desenvolvimento desta atividade tenha levado você a pensar na teia de referências cruzadas das quais falamos. Algumas referências são óbvias, como o filme o Dia Seguinte, mas temos esperança que esta questão tenha fornecido a você mais do que um jogo de "caça palavras" ou uma metáfora de teia alimentar e rede de relações. É preciso atenção para a diversidade de referências culturais, políticas, filosóficas, artísticas etc. etc. etc. envolvidas no debate ecológico se você quer entender e participar dele.

4- O que diferencia preservação de conservação?

COMENTÁRIO

Esta era dada! Mas não deixa de ser importante você ter claro aquilo que confunde tanta gente. Se você teve algum problema com esta questão, aconselhamos fortemente a releitura de todo o capítulo.

5- Qual foi o marco inicial da criação da educação ambiental?

COMENTÁRIO

Uma questão que exigiu menos um conhecimento conceitual e mais conhecimento histórico.

6 - Segundo os ecologistas qual é a origem da crise ecológica?

COMENTÁRIO

Questão fundamental para compreensão de uma das grandes contradições da sociedade industrial moderna e a base de toda discussão entre as diversas posições e matizes do movimento ecológico.

AUTOAVALIAÇÃO

Esta Aula marcou uma transição para as duas últimas aulas deste livro, ou seja, chegamos aos limites entre a atividade científica e seus desdobramentos sociais e políticos. Nas Aulas anteriores, estes desdobramentos também eram uma realidade, contudo, aqui eles foram explorados, porque mais óbvios, além de mais explícitos e mais populares. Esperamos que o objetivo da nossa proposta com este livro esteja ficando mais e mais evidente para você.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, vamos conversar um pouco sobre o que é conhecimento, o que é ciência e o que a biologia tem que ver com isso. Afinal, acreditamos que isto é importante para quem quer fazer e ensinar ciência.

REFERÊNCIAS

Coutinho, L.M. O conceito de Bioma. Acta Bot. Bras. 20(1):13-23, 2006.

Darwin, C.R. A Origem das espécies. Tradução Eugênio Amado. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 2002.

Lago, A. & Pádua, J.A. O que é Ecologia. Coleção Primeiros Passos, nº 16. São Paulo: Editora Abril Cultural/Brasiliense, 1985.

Löwy, M. Ecologia e Socialismo. Coleção Questões do Nosso Tempo nº 125. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

Margalef, R. Ecologia. Barcelona, Spain: Ediciones Omega,1989.

Monteiro-Neto, C. & Mendonça-Neto, J.P. Biologia da Conservação Marinha. In: Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. (org.). Biologia Marinha. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009, p.579-610.

Pedrini, A.G. (Org.). Educação Ambiental: Reflexões e Práticas Contemporâneas. Rio de Janeiro, Petrópolis: Editora Vozes, 1997.

Reigota, M. O que é Educação Ambiental. Coleção Primeiros Passos, nº 292. São Paulo: Brasiliense, 2006.

Walter, H. Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global. São Paulo: Ed. Ped. Universitária, 1986.

7

Biologia e Conhecimento

Metas:

1 - Diferenciar filosofia de ciência.

2 - Descrever a epistemologia de Karl Popper e Gaston Bachelard.

3 - Introduzir as questões fundamentais que a biologia do conhecer trouxe para o campo da teoria do conhecimento.

Objetivo:

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta Aula, você seja capaz de:

1- Caracterizar o discurso filosófico.

2- Definir critérios de cientificidade.

3- Diferenciar conhecer de conhecimento.

4- Relacionar o conhecer com o fenômeno da vida.

Pré-Requisitos:

Para acompanhar esta Aula, é importante que você tenha lido as anteriores e realizado as atividades propostas.

Guia de Aula:

1. INTRODUÇÃO

2. FILOSOFIA: CONHECIMENTO UNIVERSAL

2.1 Idade Antiga: o realismo

2.2 Idade Moderna: o método da dúvida em Descartes

2.3 Idade Moderna: o objeto e a razão em Kant

3. EPISTEMOLOGIA: FAZER CIÊNCIA E O FAZER DA CIÊNCIA

3.1 Gaston Bachelard: a construção do real científico e o polifilosofismo

3.2 Karl Popper: falseabilidade e cientificidade

4. BIOLOGIA DO CONHECER

4.1 Sobre a Distinção entre o Conhecer e o Conhecimento

4.2 Sobre a Inevitabilidade do Aprender

5. AINDA

1. INTRODUÇÃO

Até aqui temos conversado sobre temas da biologia: origem da vida, célula, gene, evolução... Como dissemos antes, tudo aquilo que um estudante de biologia deveria saber. Nesta Aula, a gente pretende discutir qual o lugar da biologia no grande conjunto do conhecimento. Para tanto, vamos conversar um pouco sobre o que é conhecimento e o que significa esta categoria de conhecimento chamada ciência, na qual a biologia se insere. Feito isso, vamos discutir um pouco sobre uma contribuição interessante que a biologia tem dado a esse debate, chamada "biologia do conhecer". Fazemos isso porque acreditamos que faz parte de nossa própria profissão - biólogo - a consciência crítica do papel e do lugar da ciência e do nosso fazer, como cientista.

Dito isto, é interessante você saber que o título desta aula é uma homenagem-referência-linhagem, posto que "Biologia e conhecimento" é o nome de um livro muito importante de Jean Piaget - biólogo, epistemólogo, psicólogo e educador. Homem profissional, síntese daquilo que, com toda humildade, tentaremos conversar com você nestas páginas que se seguem.

Vamos começar pensando o conhecimento numa perspectiva histórica e assumindo um referencial de segunda ordem, ou seja, para além de pensar somente os fenômenos, ampliaremos o nosso olhar sobre as explicações que temos sobre eles e, também, sobre as explicações das explicações ou, ainda, o modo como produzimos explicações. Esta característica de conhecer o conhecer ou o conhecimento, em um movimento de voltar-se sobre a volta, é como se, usando a pescaria como metáfora, o peixe pescasse a rede. Poder-se-ia dizer: o peixe é a rede. Consegue entender? Produz-se uma vertigem lógica. Só por curiosidade: Você gosta de montanha russa?

Esta Aula é uma tentativa deste tipo de construção (ou desconstrução). Assim, iniciamos nossa empreitada com recortes e colagens do que consideramos as principais tendências explicativas para o conhecimento, sem a pretensão de fazer uma revisão exaustiva e/ou cronológica. Neste percurso, fazemos alguns comentários sobre correntes filosóficas, métodos, ciência e, por fim, apresentamos o aporte da biologia do conhecer (indicamos que este brinquedo requer atenção e é indicado para maiores, ou seja, para aqueles que foram aprovados no vestibular para Biologia).

2. FILOSOFIA: CONHECIMENTO UNIVERSAL

2.1 Idade Antiga: o realismo

A filosofia, na sua etimologia, significa "amor à sabedoria". Ao longo da história, esse "amor" foi considerado a própria "sabedoria", ou seja, a filosofia foi, algumas vezes, entendida como o próprio corpo de conhecimentos. Contudo, aquilo que melhor define o conhecimento filosófico é a sua característica de conhecimento universal. Para a filosofia, o mundo ou o conhecimento do mundo devem ser entendidos como totalidade e não como objetos particulares.

Veja você, por exemplo, que os pré-socráticos buscavam uma arché, e os filósofos atuais buscam ainda produzir explicações ou enredos explicativos mais gerais e universalizantes, que digam respeito ao mundo ou ao conhecimento do mundo, como um todo, e não a este ou aquele fenômeno particular. Esta busca do conhecimento universal é feita a partir da problematização. Em filosofia tudo é posto na forma de problemas. A forma de

alcançar a solução destes problemas (o método) não é único, pelo contrário, é o que indica a originalidade e criatividade da atividade filosófica de tal ou qual filósofo. Assim é que, em Sócrates, o método consistia em perguntar. A atividade de interrogar incessantemente, retificando respostas, constituía a maiêutica socrática, através da qual, segundo o próprio filósofo, se chegaria à essência ou à verdade das coisas.

PRÉ-SOCRÁTICOS, ARCHÉ E MAIÊUTICA

Pré-Socráticos eram filósofos, como define o nome, anteriores à Sócrates. Esses filósofos foram os primeiros a tentar entender os fenômenos da realidade a partir de causas naturais ao invés de lançarem mão de explicações míticas ou sobrenaturais. Por buscarem suas explicações na natureza (a physis), foram chamados, também, de "naturalistas". Nesta tentativa, buscavam o que é primário, fundamental e persistente, em oposição ao que é secundário, derivado e transitório. Daí a sua busca de uma arché das coisas.

Arché, ou principio, é um termo que designa aquilo que deveria estar presente em todos os momentos da existência de todas as coisas. Substância inicial de onde tudo deriva e continua, no presente, a derivar. É a ideia mais antiga na filosofia, já que se tornou no ponto de passagem do pensamento mítico para o pensamento racional. A ideia de arché tenta definir a origem e composição do universo, recorrendo para isso à natureza (physis).

Maiêutica era o método socrático de ensinar fazendo perguntas, levando as opiniões que estavam erradas a serem corrigidas. Basicamente, o método consiste em gerar ideias complexas, a partir de perguntas simples e articuladas dentro de um contexto (assunto). Recebeu este nome porque, na concepção de Sócrates, ele auxiliava o "parto da verdade", da mesma forma como a mãe de Sócrates, uma parteira (maieuta em grego), auxiliava o parto das crianças.

O método socrático foi transformado por Platão em dialética - uma atividade crítica, no diálogo, sobre as opiniões primeiras. Assim, seria possível alcançar a episteme (o conhecimento), em contraposição à doxa (a opinião). Dessa forma, para Platão, o conhecimento filosófico era essencialmente racional, uma vez que era adquirido pelo método crítico da dialética.

Sócrates

Sócrates (470-439 a.C.) foi um filósofo ateniense e um dos fundadores da tradição filosófica ocidental. Contudo, todas as informações sobre Sócrates, sua vida e ideias, advêm dos escritos de Platão, Xenofante e Aristóteles. Segundo estes escritos, Sócrates não valorizava os prazeres dos sentidos, mas exaltava a beleza, o bem e a justiça como as maiores virtudes. Sócrates foi condenado a morrer bebendo cicuta, um veneno.

Platão

Platão foi um filósofo grego que nasceu em Atenas (428/27-347 a.C.). Foi discípulo de Sócrates e mestre de Aristóteles. Fundou a Academia onde se ocupava, com seus discípulos, de temas tais quais: a ética, a política e a teoria do conhecimento. Entre suas obras mais importantes estão "A República" e "O Banquete".

Com Aristóteles, o conhecimento filosófico teve um desenvolvimento extraordinário. A palavra filosofia passou então a compreender o sentido de corpo total do conhecimento humano, adquirido pela atividade racional. Desde então, neste corpus, foi possível identificar algumas partes como a ontologia (preocupada com as coisas, elas mesmas), seja na sua dimensão metafísica (o próprio ser) ou gnosiológica (o conhecimento do ser); a lógica (o método do pensar corretamente); a ética (trata-se do certo e do errado, do bem e do mal); a estética (análise a respeito da arte e da beleza) e a teoria do conhecimento.

Este sentido de filosofia como totalidade do conhecimento atravessou a Idade Média através do método da *disputatio*, uma radicalização da lógica aristotélica e um reavivamento da dialética platônica na cultura escolástica. Na disputa, as opiniões contrárias eram contrapostas de forma lógica e ordenada, ponto a ponto, de modo a ser extraído das partes em disputa aquilo que poderia sobreviver como verdade.

ESCOLÁSTICA

Escolástica é uma linha dentro da filosofia medieval que se caracteriza por ser cristã. Ela surge da necessidade de responder às exigências da fé ensinada pela igreja, que era então considerada como a guardiã dos valores espirituais e morais de toda a cristandade. Esta linha se estende do começo do século IX até o fim do século XVI, no fim da Idade Média. Este pensamento cristão deve o seu nome às artes ensinadas nas escolas medievais. Estas artes podiam ser divididas em trivio (grámatica, retórica e dialética) ou quatrívio (aritmética, geometria, astronomia e música).

Na Idade Antiga, edificaram-se as bases do realismo. Essa concepção filosófica foi muito bem representada pelo pensamento de Aristóteles, para quem as coisas existiam e as categorias eram tomadas como elementos ontológicos, ou seja, que emanavam das coisas. Dessa forma, saber era ter conceitos que permitiam caminhar no mundo.

IDADE ANTIGA

Idade Antiga, ou Antiguidade, foi o período que se estendeu desde a invenção da escrita (4000 a.C.-3500 a.C.) até a queda do Império Romano do Ocidente (476 d.C.) e início da Idade Média (Século V).

No limiar da Idade Moderna, contudo, o realismo sofreu abalos: a destruição da unidade religiosa com o movimento de Reforma Protestante, a descoberta de novos continentes, com as grandes navegações, e do céu, com a proposição de uma nova ordem planetária na qual a Terra deixou de ser o centro do universo. Estes e outros acontecimentos marcaram o nascimento da dúvida.

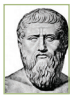
IDADE MODERNA

A Idade Moderna se inicia em 1453, quando ocorre a tomada de Constantinopla pelos turcos otomanos, e se encerra com a Revolução Francesa, em 1789. É, por excelência, um período de transição.

2.2 Idade Moderna: o método da dúvida em Descartes

Descartes, na Renascença, mudou o centro de gravidade da filosofia ao iniciar sua especulação, não mais a partir do mundo e das coisas, mas a partir das próprias condições necessárias para conhecer. É importante você perceber que Descartes começou por uma epistemologia (teoria do conhecimento), ao invés de uma ontologia (o ser). A dúvida, que até então era um problema para a certeza do conhecimento, passou a ser o próprio método

René Descartes



René Descartes (1596-1650) foi um filósofo, físico e matemático francês, por vezes chamado de "o fundador da filosofia moderna" e o "pai da matemática moderna", é considerado um dos pensadores mais importantes e influentes da História do Pensamento Ocidental.

do conhecer: Quem existe? Eu e meus pensamentos. E o mundo? É duvidoso. O problema do conhecimento passou, então, para uma relação dual entre o sujeito que quer conhecer (sujeito cognoscente) e o objeto a ser conhecido. Essa questão transformou-se, a partir da Idade Moderna, em um dos problemas centrais da filosofia. Se o pensamento é a ação do sujeito sobre o objeto, o que é o objeto do conhecimento? O que é o sujeito cognoscente? O que é apreender o objeto? Qual é o fundamento do conhecimento? Quais são as formas possíveis do conhecimento?

RENASCENÇA

Renascença ou Renascimento são os termos usados para identificar o período da história da Europa, aproximadamente entre fins do século XII e meados do século XVII, ou seja, período entre o final da Idade Média e o início da Idade Moderna. Chamou-se assim devido à redescoberta e revalorização das referências culturais da antiguidade clássica, que nortearam as mudanças deste período em direção a um ideal humanista e naturalista.

Para responder essas questões, Descartes introduziu aquilo que viria a ser conhecido como o "cogito cartesiano". Sendo incapaz de estabelecer uma garantia de equivalência entre a "coisa" e o "pensamento da coisa", Descartes, através do "método da dúvida", fundou a sua certeza no pensamento e no ser que pensa: "penso, logo existo". O cogito marcou a emergência de uma nova forma de pensar o mundo e a partir da disjunção entre o pensamento (res cogitans) e o mundo (res extensa) ergueu-se um abismo: o abismo entre o "sujeito" e o "mundo"! Desde então, sujeito e mundo são entendidos como instâncias separadas. Com a perspectiva desta disjunção, deu-se um movimento de "esvaziamento" de todo conhecimento do mundo (real) que fosse construído sobre contingências e particularidades. Na falta de uma garantia de equivalência entre a coisa e o pensamento da coisa, surgiu o "método" e o conhecimento do mundo passou a se dar através de leis gerais e universais. Vem daí a mania que temos de usar a matemática para demonstrar e descrever quase tudo em ciência, isso porque a matemática é uma linguagem universal e axiomática. Logo, se você achava

que não ia estudar matemática em biologia, lamentamos informá-lo...

AXIOMA

Um axioma é uma sentença ou proposição que não pode ser provada ou demonstrada. Deve ser aceito como verdade, de modo que sirva como ponto inicial para dedução e inferências de outras verdades (dependentes de teoria). Em matemática é uma hipótese inicial da qual outros enunciados são logicamente derivados.

É por conta disso que o "ideal de ciência", até hoje, é a Física e, na época de Descartes, a física clássica: a descrição do cotidiano mais matematizada de que se tem notícia. Nascia uma ideologia de supressão da subjetividade, ou seja, a ciência passou a acreditar que falava das coisas como elas eram e não como nós as percebíamos.

IDEOLOGIA

A ideologia é um instrumento de dominação que age através do convencimento (e não da força), de forma prescritiva, alienando a consciência humana e mascarando a realidade.

2.3 Idade Moderna: o objeto e a razão em Kant

Como nos ensina Paulo Roberto Margutti Pinto (UFMG), a filosofia moderna, na sua busca dos fundamentos do conhecimento, baseou-se no quadro mental tradicional. De acordo com esse quadro, o conhecimento seria o resultado de uma cadeia causal que começa no objeto exterior e termina na representação mental que dele fazemos. Em outras palavras, o objeto exterior afeta o nosso aparelho perceptivo e produz, assim, em

nosso interior, uma imagem que funciona como cópia daquele objeto (Figura 1).

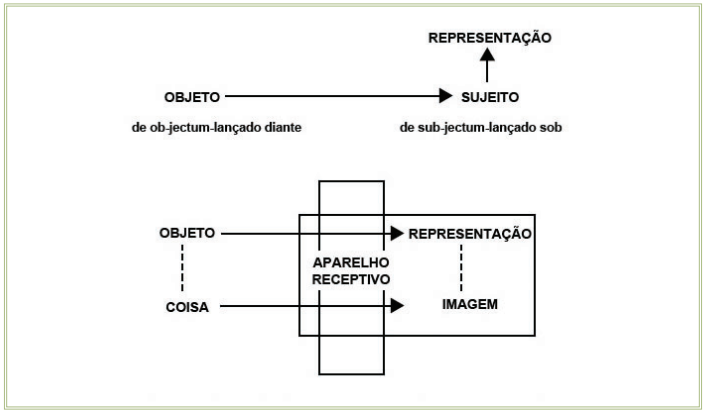


Figura 1 - Quadro mental tradicional mostrando a cadeia causal que vai do objeto ao sujeito que o representa

Duas correntes fundamentais, o empirismo e o racionalismo, apoiaram-se nesse quadro mental dualístico, que afirma a existência de um mundo exterior de objetos e um mundo interior de imagens desses objetos. Para o empirismo, todos os nossos conhecimentos provêm dos nossos sentidos. O seu lema básico é, ainda, o de Aristóteles: nada está no intelecto que não tenha passado antes pelos sentidos. Para um empirista, se alguma coisa não é objeto de experiência, segue-se, automaticamente, que ela não é válida. As principais teses do empirismo são as seguintes: 1a - o espírito é uma tábula rasa; 2a - as leis do espírito são a posteriori; 3a - não há ideias inatas e 4a - o objeto exterior se impõe ao sujeito, que não o constitui.

Gottfried Leibniz

Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) foi um filósofo, matemático, diplomata e bibliotecário alemão. É um dos responsáveis pelo desenvolvimento do cálculo moderno. Suas contribuições incluem ainda as leis, religião, política, história, literatura e lógica.

Para o racionalismo, por outro lado, a experiência sensível nos engana. Devemos dela sempre desconfiar e ficar com nossa razão. Vale, para essa corrente, o lema de Aristóteles corrigido por Leibniz: nada está no intelecto que não tenha passado antes pelos sentidos, a não ser o próprio intelecto. As principais teses do racionalismo são: 1a - a fonte de nossos conhecimentos é a razão; 2a - as leis do pensamento são a priori e possuem validade

universal; 3a existem ideias inatas (por exemplo, a ideia de Deus) e 4a – o espírito possui papel ativo na constituição do objeto exterior.

Immanuel Kant ocupa uma posição especial na filosofia moderna e no debate entre racionalismo e empirismo, uma vez que ele tentou realizar uma síntese destas correntes. Kant partiu de duas constatações básicas: a crítica cética de Hume (sobre isto falaremos mais a seguir, quando estivermos discutindo Popper. Aguente sua dúvida/curiosidade só mais um pouquinho) e o avanço da física newtoniana. Como conciliar aquele poderoso ceticismo com o evidente progresso da ciência? Para resolver essa questão, Kant afirmou que todo conhecimento começava "com" a experiência, mas não vinha todo "da" experiência. O sistema kantiano é o desenvolvimento dessa proposição.

Immanuel Kant

Immanuel Kant (1724-1804) foi um filósofo alemão. Depois de um longo período como professor secundário, em 1755, começou a carreira universitária ensinando Ciências Naturais. Em 1770 foi nomeado professor catedrático da universidade de Königsberg, cidade da qual nunca saiu. Realizou numerosos trabalhos sobre ciência, física e matemática.

O kantismo enfrentou, de maneira mais aguda, as dificuldades do quadro mental tradicional do conhecimento:

i) o dualismo da coisa em si e do fenômeno, daquilo que transcende a consciência e daquilo que lhe é imanente e

ii) a confirmação da indesejável posição de Hume, no que diz respeito à impossibilidade de comparação dos dois mundos estipulados pelo modelo.

Como boa parte da filosofia contemporânea se inspira no quadro mental kantiano, os modelos de conhecimento passaram a fundar-se nas seguintes pressuposições: 1a - há uma dualidade caracterizada pela existência de dois mundos, o dos objetos exteriores a nós e o das representações que deles fazemos e 2a, - o acesso ao mundo dos objetos exteriores é impossível, o que torna também impossível a determinação da veracidade das nossas representações.

Esperamos que tenhamos ilustrado para você como, em filosofia, o conhecimento e sua busca foram fortemente marcados pelas noções de totalidade, universalidade e essência. Com o grande avanço da ciência e da tecnologia no século XX, o problema do conhecimento passou a ser, também, em grande parte, o problema de se fazer ciência: sua definição, sua atividade e sua legitimidade.

ATIVIDADE 1

Associe os nomes dos filósofos à esquerda com as ideias relacionadas à direita.

1) Sócrates ( ) Matematização

2) Platão ( ) É impossível verificar a veracidade das assertivas sobre o mundo

3) Aristóteles ( ) Maiêutica

4) Descartes ( ) Método da dúvida

5) Kant ( ) Realismo

( ) Dialética

( ) Ontologia, lógica, estética, ética

COMENTÁRIO

Esta atividade não deve ter oferecido grande dificuldade para você. Contudo, serve como uma boa medida da sua leitura. Se você foi capaz de acertar toda ela, sem lançar mão do recurso de retornar ao texto, isso indica que você alcançou plenamente nossos objetivos até aqui. Caso contrário

(recorreu ao texto ou errou algumas das questões), que tal voltar à leitura dessas páginas?!

3. EPISTEMOLOGIA: FAZER CIÊNCIA E O FAZER DA CIÊNCIA

A ciência se constitui na renúncia em considerar o objeto de um ponto de vista universal. Pode-se dizer, então, que a ciência é filha da filosofia, contudo, com ela rompe e busca o seu próprio caminho. O caminho da ciência é aquele da construção de um objeto de estudo. Construção teórica, que seja bem entendido, uma vez que a atividade científica não se constitui, simplesmente, em tomar do mundo um objeto particular (esperamos que você não seja mais tão aristotélico), mas de produzir, racionalmente, este objeto (com Descartes ou Kant, esperamos que a sua ingenuidade tenha sido perdida). Você poderia imaginar, portanto, que a atividade científica é mais modesta do que aquela da filosofia, no entanto, é preferível distinguir as duas pela orientação da empreitada: horizontal para a filosofia, vertical para a ciência. Embora ambas as empreitadas sejam caracterizadas pela natureza do objeto (universal ou definido), elas são ilimitadas quanto ao movimento que executam na sua busca. Não existem lados que limitem o conhecimento filosófico ou fundo que pare o conhecimento científico.

Com os imensos e rápidos avanços que a ciência tem experimentado desde o seu início, no século XIX, a atividade científica passou a ter um status e uma influência imensa na vida humana. Falar em conhecimento hoje é quase que sinônimo de falar em conhecimento científico. Por conta disso, pensar e entender a atividade científica passou a ter uma grande importância dentro do objetivo de entender o conhecimento. Conhecer o

conhecimento resultante da atividade científica é a empreitada da moderna epistemologia. Gaston Bachelard e Karl Popper são duas matrizes importantes dessa empreitada.

Gaston Bachelard

Gaston Bachelard (1884-1962) foi um filósofo francês. Seu pensamento está focado principalmente em questões referentes à filosofia da ciência. De origem humilde, Bachelard sempre trabalhou enquanto estudava. Foi professor de ensino secundário das matérias de física e química. Aos 35 anos inicia os estudos de filosofia, a qual também passa a lecionar. Em 1930 passa a lecionar na Faculdade de Dijon e, em 1940, vai para a Sorbonne, onde passa a lecionar cursos que são muito disputados pelos alunos devido ao espírito livre, original e profundo deste filósofo que, antes de tudo, sempre foi um professor.

3.1 Gaston Bachelard: a construção do real científico e o polifilosofismo

Segundo Bachelard, não podemos ter a ilusão de que trabalhamos diretamente com o real e, nem ao menos, que o nosso conhecimento, de algum modo, se aproxima deste real. A questão do conhecimento científico é diferente, pois, segundo este filósofo, ela se refere à capacidade que o conhecimento, construído racionalmente, tem de agir sobre a realidade, ou seja, o quanto realizável é o nosso conhecimento científico. Para essa concepção, a atividade científica constroi objetos de pensamento (dentro do bom kantismo) que irão compor um real científico e é este real construído que media a nossa ação no mundo. A relação real científico e mundo real é um embate dialético. Segundo Bachelard "só os objetos do conhecimento vulgar podem existir placidamente, tranquilos e inertes no espaço", os objetos do pensamento, ao contrário, estão em constante mudança dialética, em função de melhor se realizarem na experiência, "os objetos do pensamento tornam-se objetos de experiência, numa pura artificialidade da experiência".

É a partir da ideia de um real científico que Bachelard desenvolveu grande parte de sua reflexão a respeito da objetividade científica. Assim, diz ele: "determinar um caráter objetivo não significa por a mão em um absoluto, é provar que se aplica corretamente um método" e "o real nada mais é do que realização". Em outras palavras, "a certeza de que o real (com que trabalha o cientista) está em conexão direta com a racionalidade, merecendo por

isso mesmo o nome de real científico".

Tudo bem até aqui?! Vamos dar um exemplo. Recorde os experimentos realizados pelos pesquisadores preocupados com a origem da vida que nós discutimos na Aula 1. Pois bem, o que Bachelard está nos dizendo é que toda vez que construímos um experimento, estamos nos afastando da realidade "real", uma vez que nos experimentos científicos retiramos um monte de variáveis que poderiam nos atrapalhar a interpretar os resultados. Ou seja, o mundo dentro do laboratório é, em certo sentido, um mundo inventado, construído para que possamos fazer perguntas e obter respostas. Diria Bachelard que o mundo do laboratório é uma fenomenotécnica: fenômenos construídos para funcionar como a gente precisa que ele funcione, geralmente, com todas as condições controladas, exceto uma que é aquela que queremos testar. Todo mundo que trabalha ou já trabalhou em um laboratório sabe que, se fosse "a vera", no mundo, seria muito mais difícil executar os experimentos.

Outra concepção importante na teoria bachelardiana é a de que a filosofia das ciências não pode se deixar vincular a nenhum sistema filosófico prévio, ao contrário, deve acompanhar a evolução da ciência, deixando-se por ela determinar. É esta postura do a posteriori que torna a epistemologia bachelardiana aberta, sujeita ao novo e a reelaboração. Segundo ele, é necessário a epistemologia estar sempre recorrendo a um "polifilosofismo", no sentido de detectar, na evolução da ciência, os sistemas filosóficos que aí interferiram. Diria Bachelard: "uma só filosofia é insuficiente para dar conta de um conhecimento preciso". Surge assim, em sua teoria, a noção de perfil epistemológico para analisar o espectro de filosofias presentes no desenvolvimento dos conceitos científicos.

Bachelard acredita que um conceito científico pode apresentar "diversas explicações metafísicas", que forma um conjunto que ele denomina perfil epistemológico. Cada conceito tem o seu próprio perfil, podendo

este variar progressivamente, desde uma doutrina animista até um racionalismo discursivo ou um ultrarracionalismo dialético. O mesmo fenômeno pode ser explicado sob estas diferentes ópticas e, estas, se dispõem hierarquicamente, de modo a satisfazer diferentes graus de explicação científica.

Vamos dar um outro exemplo. Assim, para os físicos, a noção de massa se modificou de uma definição puramente verbal (a quantidade de matéria de um corpo), passando por um racionalismo clássico (m=p/a) até a mecânica quântica, em que ela é formada por átomos, spins, quarks, incertezas, etc. Ou seja, a história de um conceito científico revela que em diferentes momentos ele pode ser definido por diferentes perspectivas filosóficas (Figura 2).

Karl Popper

Karl Raimund Popper (1902-1994) foi um filósofo austríaco naturalizado britânico. É um filósofo da ciência muito influente, mas foi, também, um filósofo social e político, grande defensor da democracia liberal e um oponente intransigente do totalitarismo. Nascido numa família de classe média de origem judaica, foi educado na Universidade de Viena, onde concluiu o doutoramento em filosofia, em 1928, e ensinou numa escola secundária entre 1930 e 1936. Em 1937, a ascensão do nazismo levou-o a emigrar para a Nova Zelândia, onde foi professor de filosofia, em Canterbury University College. Em 1946, foi viver na Inglaterra.

Estes dois aspectos da epistemologia bachelardiana, o real científico e o polifilosofismo, são importantes para comparação das ideias dele com aquelas de outro epistemólogo, Karl Popper, que é muito influente entre os cientistas.

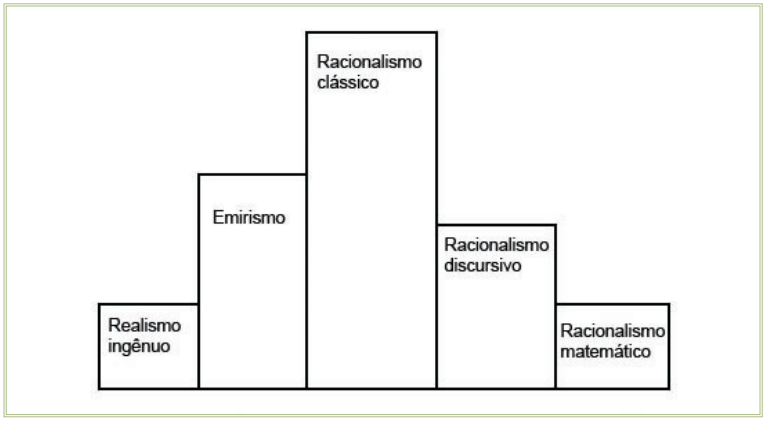


Figura 2 - Representação do perfil epistemológico do conceito de massa. Assim, por exemplo, no realismo ingênuo, massa é apenas a quantidade de matéria; para o empirismo, massa é a quantidade medida pela balança; no racionalismo clássico, massa está correlacionada com a força e com a aceleração (m=p/a); no racionalismo matemático, massa está relacionada com a velocidade e é consubstancial da energia ($E=mC^2$) etc.

3.2 Karl Popper: falseabilidade e cientificidade

Será que você já ouviu falar em falseabilidade? Talvez não, já que você ainda não começou o seu curso. Mas depois de pisar na universidade será fatal encontrar alguém falando sobre isso em algum momento. Pois bem, essa é uma das ideias fundamentais de Popper.

Podemos dizer que a teoria popperiana a respeito do conhecimento científico é centrada em duas preocupações básicas: a solução do problema da indução de Hume (Olha ele aqui de novo!), utilizando a noção de falseabilidade; e a construção, a partir daí, de critérios de cientificidade para o conhecimento.

Segundo Hume (finalmente a sua resposta!) não existe nenhuma conexão lógica entre dois eventos que se sucedem, mas apenas uma conexão psicológica, ou seja, o fato de que um evento B, sempre que foi possível observar, sucedeu a um evento A, não os conecta logicamente, apenas gera, no observador, uma expectativa psicológica de que isto continuará a ocorrer desta forma. Toda conclusão do tipo B sempre sucederá A não tem base lógica, é apenas uma crença (indutiva), portanto irracional. Não entendeu nada?! Então vamos lá, o fato de que o sol nasceu todos os dias não é uma garantia que ele nascerá amanhã, é, no máximo, uma esperança, como diria Hume. Mais claro agora? Então continuando...

Popper acredita solucionar o problema da indução de Hume ao afirmar que nunca podemos provar a veracidade de uma hipótese, mas podemos provar a sua falsidade, segundo ele "devemos encarar todas as leis ou teorias como hipotéticas ou conjecturais, isto é, como suposições".

David Hume

David Hume (1711-1776) foi um filósofo e historiador escocês. Em 1744 foram recusadas a Hume as cadeiras nas Universidades de Edimburgo e Glasgow, provavelmente devido às acusações de ateísmo. Após estes insucessos, Hume trabalhou como curador de um doente psiquiátrico e posteriormente como secretário de um General. Para além dos seus trabalhos no âmbito da filosofia, Hume ascendeu à fama literária como ensaísta e historiador, com o seu célebre "História da Inglaterra".

Ao mesmo tempo em que admitimos isto, devemos "elaborar testes severos e situações de teste cruciais. Isto importará na elaboração de uma lei de falsificação". Dessa forma, segundo Popper, conclusões do tipo B sempre sucederá A (o sol nascerá amanhã) podem ser aceitas racionalmente como hipóteses, na medida em que foram testadas e sobreviveram as condições de teste. Contudo, estas hipóteses podem ser refutadas a qualquer momento por novos testes, ou seja, as hipóteses são falseáveis, o que as caracteriza como conhecimento provisório, como todo conhecimento científico deve ser.

O conhecimento científico, segundo Popper, é essencialmente conjectural e tem de ser falseável. A falseabilidade é a garantia de racionalidade das hipóteses científicas que, no seu conjunto, formam um conhecimento científico de natureza crítica, uma vez que está sempre disposto a ser falseado. Como corolário destas ideias, Popper constroi o seu mais intransigente critério de cientificidade: todo conhecimento que não seja falseável não deve ser considerado científico. A intransigência popperiana está no fato de que, independentemente de quanto heurísticos (capazes de produzir conhecimento) sejam os seus conceitos, nenhum conhecimento pode ser considerado científico se não for atendido o critério da falseabilidade.

Karl Popper é um dos epistemólogos mais influentes do século XX. Como você deve ter percebido, tanto a epistemologia bachelardiana quanto a popperiana operam numa moldura kantiana. Contudo, acreditamos que em Bachelard existe uma interlocução maior com o outro problema fundamental na questão do conhecimento: a dúvida.

ATIVIDADE 2

Leia as duas assertivas a seguir:

a) Choverá!

b) Choverá amanhã na cidade do Rio de Janeiro, entre 14h e 16h.

Qual delas você justificaria como possuindo maior potencial de cientificidade? Por quê?

COMENTÁRIO

Esta atividade demandou de você a aplicação daquilo que viemos discutindo até agora. Se você acertou esta questão, deve ficar feliz, pois você está acompanhando a nossa discussão! Não caiu no sono nem se perdeu no caminho.

4. BIOLOGIA DO CONHECER

Humberto Maturana, biólogo chileno, quando confrontado com a dificuldade de se definir a organização do ser vivo criou uma teoria importante a respeito da vida, do viver e do conhecimento que ele denominou "Biologia do Conhecer". Segundo ele, quando nos encontramos com a pergunta sobre o conhecer na vida cotidiana fazemos sempre uma referência à conduta adequada de um organismo em face de um contexto, especificado por um observador ou por uma comunidade de observadores. Para

que você possa refletir sobre esta afirmação, daremos alguns exemplos antes de seguir adiante.

Exemplo 1

O seu professor de biologia (ou uma comissão do departamento de biologia) elaborou uma prova para aferir o seu conhecer em uma determinada disciplina. Em tal caso, você estaria assumindo o papel do organismo que, ao ser observado em um contexto problemático (situação de prova), estará sendo avaliado quanto ao seu conhecer na disciplina hipotética, ou seja, com questões especificadas (escolhidas) pelo seu professor ou pela comissão departamental. Se o professor ou a comissão de elaboração da prova julgar suas respostas como adequadas ao que está sendo solicitado na prova, dir-se-á que você conhece o conteúdo da disciplina e, assim, você será aprovado na mesma, segundo o julgamento do professor (observador) ou da comissão (comunidade de observadores). Note, porém, que suas respostas, produto de seu atuar no mundo, nada mais são do que um tipo de comportamento: escrever (prova escrita), falar (prova oral), realizar uma prática (prova prática), ou seja, para cada uma delas, uma determinada conduta.

Exemplo 2

O seu time de futebol (Flamengo, Vasco, Fluminense, Botafogo, América, Madureira, ou algum outro que não foi aqui citado) decide elevar, da categoria de base para o time principal, um jovem franzino, desconhecido de todos. Mais surpreendente do que isto, o técnico de seu time, com grande ousadia, decide apresentá-lo à torcida em um jogo decisivo do campeonato. Você e os seus amigos, na arquibancada, estão muito preocupados e apreensivos quanto ao desempenho do novato. Será que este jovem está preparado física e psicologicamente para este jogo? Os repórteres se afastam, o juiz chama os dois capitães, o jogo vai começar... Mas

enquanto o jogo não começa, deixa eu te fazer uma pergunta: O que é que você e os seus amigos terão de observar para afirmar se aquele menino sabe ou não sabe, conhece ou não conhece de bola como você (e todos de sua torcida) tanto espera? Pense um pouco antes de continuar a leitura... Você há de convir que não se trata de observar ou de medir parâmetros fisiológicos, tais quais impulsos nervosos ou batimentos cardíacos! Não, não se trata disso, pois mesmo se pudéssemos medir esses parâmetros, o julgamento sobre o conhecer só se daria com o início e o andamento da partida, ao se observar a conduta de nosso jogador hipotético no contexto por nós especificado – a partida de futebol. O jogo começa e para sua sorte (e de toda a galera que lhe acompanha) o menino franzino é um craque e não foi preciso nem mesmo esperar o final da partida para fazer o comentário que os repórteres e os jornais esportivos irão repetir durante a semana toda – ele é um craque! Bastou receber a primeira bola para mostrar tudo o que sabia: matou no peito, colocou no terreno, levantou a cabeça, trocou um ou dois passes com um dos companheiros, aproveitou um descuido da zaga, deu duas ou três pedaladas deixando o zagueiro e o goleiro completamente batidos e só não entrou com bola e tudo por que teve humildade e... gol!!! Na comemoração, você não parava de gritar para quem quisesse ouvir: "Ele conhece tudo de bola. Ele sabe tudo!" Note que o seu julgamento foi feito da arquibancada, vendo somente a conduta (relação do organismo com o meio) do menino franzino que agora se agiganta como um novo craque.

Diante destes exemplos vamos lhe propor um desafio. Leia a atividade abaixo.

ATIVIDADE 3

Encontrar uma situação qualquer na qual você possa utilizar a palavra conhecer, mas que não se enquadre na definição que propusemos, ou seja, que não se relacione, explícita ou implicitamente, a uma conduta adequada.

COMENTÁRIO

Esperamos que você tenha compreendido porque estamos afirmando que todo conhecer está, de uma ou de outra maneira, relacionado à conduta de um organismo, em face de um contexto. Fica, no entanto, o desafio em aberto: Em qualquer momento que você encontrar uma resposta possível para a situação problema aqui explicitada, procure os autores desta aula, pois nós ficaremos felizes em rever nossas posições, aperfeiçoando o nosso conhecimento e, em retribuição, presentearemos o nosso querido leitor(a), com um livro de seu agrado.

Jean Piaget

Jean Piaget (1896-1980) estudou inicialmente Biologia, na Suíça, e posteriormente se dedicou às áreas de Psicologia, Epistemologia e Educação. Foi professor de psicologia na Universidade de Genebra, de 1929 a 1954. Estudou a evolução do pensamento até a adolescência, procurando entender os mecanismos mentais que o indivíduo utiliza para captar o mundo. Como epistemólogo, investigou o processo de construção do conhecimento, sendo que nos últimos anos de sua vida centrou seus estudos no pensamento lógico-matemático.

Feito estes primeiros comentários e tendo proposto este desafio, ressaltamos que é importante notar que a questão sobre o conhecer, nessa perspectiva, se estabelece no âmbito das experiências da vida cotidiana. Assim, o que temos de explicar é a experiência – o experienciar – e é justamente isso que vincula a questão do conhecer à biologia. Esta vinculação tem sido enfatizada, de forma original, por outros autores, além de Maturana, como, por exemplo, Jean Piaget, citado na introdução desta aula. No entanto, para que você compreenda bem esta vinculação entre o conhecer e a biologia, uma única pergunta cognitiva parece ser suficiente e fundamental, posto que ela é, em si mesma, radical: Como o vivo se mantém vivo? Como é evidente, a resposta para essa pergunta estará sempre vinculada à biologia, porque qualquer que seja o domínio especificado pelo observador, ele estará sempre fazendo uma referência ao viver e ao seguir vivendo de um ou outro organismo. Morre-se quando se deixa de saber viver. Nessa ótica, podemos ampliar a definição do conhecer para fora do âmbito humano e, assim, aceitar que todos os organismos vivos atuais possuem uma conduta adequada aos contextos (nichos) em que vivem (estão adaptados) e, portanto, estão em ato contínuo de conhecer o mundo em que vivem, justificando-se, assim, o aforismo “viver é conhecer”, anunciado por Maturana.

É precisamente este "se manter vivo", com uma conduta adequada ao nicho, em acoplamento estrutural com o meio, que Maturana define como o conhecer biológico. Ou seja, todo organismo vivo está, momento a momento, em ato contínuo de conhecer. Assim, não devemos nos surpreender com o conhecer de um pássaro em migração, vencendo distâncias de mais de 5.000 km para fugir do inverno. Tampouco devemos nos surpreender se outro pássaro mergulha para capturar um peixe abaixo da linha d'água e, mesmo sem saber a lei de refração de Snell-Descartes, é bem sucedido em seu empreendimento. E se o peixe, que conhece o mundo d'água, for interrompido no seu ato contínuo de conhecer o mundo (d'água) e morrer. Nesse caso, tanto o pássaro quanto o peixe conhecem o mundo em que vivem e podem morrer (no caso do peixe), quando um ou ambos deixam de estar em ato contínuo de conhecer, isto é, perdem o acoplamento estrutural com o meio, deixam de saber viver.

ACOPLAMENTO ESTRUTURAL, LEI DE REFRAÇÃO

Acoplamento estrutural se define como uma congruência das modificações entre o sistema vivo e o meio em que ele vive. Por exemplo, o pé está sempre se ajustando ao sapato e vice-versa. É uma boa maneira de dizer que o meio produz mudanças na estrutura dos sistemas, que por sua vez agem sobre ele, alterando-o, numa relação circular.

Lei de refração de Snell-Descartes se resume a uma expressão que dá o desvio angular sofrido por um raio de luz ao passar para um meio com índice de refração diferente do qual ele estava percorrendo. Por exemplo, é o que acontece quando enfiamos uma caneta numa pia cheia d'água: temos a impressão de que ela está torta ou quebrada.

4.1 Sobre a distinção entre o conhecer e o conhecimento

Embora, segundo Maturana, possamos afirmar que todos os organismos vivos são sistemas cognitivos e, portanto, capazes de conhecer o

mundo em que vivem, não podemos afirmar, no entanto, que todos os organismos vivos são capazes de produzir conhecimento, ou seja, são capazes de fazer uma referência à história, utilizando as recursões da linguagem, como estamos fazendo agora, ao elaborar esta Aula.

Esta preocupação com o fato de que o conhecer, inerente ao vivo, não é a mesma coisa que o conhecimento humano, do qual viemos narrando até agora, animou os autores desta Aula a produzir um texto teórico propondo uma distinção entre conhecer e conhecimento (veja a primeira referência bibliográfica desta Aula). É sobre esta distinção que vamos conversar com você agora.

Pode ser que você tenha aceitado completamente o argumento de Maturana e, por extrapolação, queira apontar, por exemplo, uma colmeia como produto do conhecer biológico das abelhas e, por conseguinte, queira afirmar que a colmeia, como produto, é uma forma de conhecimento das abelhas. Nós aceitamos que a colmeia é um produto do conhecer biológico das abelhas, mas gostaríamos de ressaltar que aquilo que nós chamamos de conhecimento não é, simplesmente, um produto emanado do vivo, mesmo que esse produto tenha uma complexidade inerente. Aquilo que nós chamamos de conhecimento é o produto advindo do processo sistemático do conhecer e inclui, além do produto advindo do processo, a capacidade do organismo de observar e de fazer referência, de forma recursiva e recorrente, à própria história do processo. Essa capacidade de fazer referência à história, utilizando as recursões da linguagem, é particular e constitutiva do mundo humano. Acreditamos que essa distinção entre o conhecer e o conhecimento, para além da morfossintaxe destas palavras (verbo e substantivo) venha contribuir, mesmo que modestamente, para a teoria do conhecimento.

Tendo definido que o conhecimento é tanto um produto do conhecer quanto à capacidade de um observador fazer referência à história do

processo de produção, segue-se que a linguagem é uma condição necessária para qualquer que seja o sistema de conhecimento - mito, religião, filosofia, ciência, arte, etc.

Para Maturana, a linguagem, entendida como fenômeno biológico, é uma maneira de os indivíduos fluírem em interações recorrentes, por meio das coordenações de coordenações condutuais consensuais. Ou seja, nós, seres humanos, estamos sempre colocando nossas ações (condutas) em relação com a dos outros (coordenação), em consonância (consenso). Seguindo essa definição, é preciso atentar para três coisas importantes, a saber: (a) a linguagem não tem lugar no corpo dos participantes, mas no espaço de coordenações recorrentes e consensuais de conduta. Segunda (b), nenhuma conduta em particular constitui, por si só, um elemento da linguagem, mas é parte dela, somente na medida em que pertencer a um fluir recursivo de coordenações consensuais de conduta. Assim, são palavras somente aqueles gestos, sons e posturas corporais participantes do fluir recursivo, como elementos das coordenações de coordenações consensuais de conduta, que constituem a linguagem. Terceira (c), é através desta capacidade do ser humano de fazer referência à história, por meio de suas distinções linguísticas, que surgem neste processo, o "observar" e "observador".

4.2 Sobre a Inevitabilidade do Aprender

Voltando ao fio condutor que nos levou à distinção entre o conhecer e o conhecimento, podemos afirmar, agora, a inevitabilidade do aprender no âmbito dos organismos vivos. Dito isso, propomos a você, na condição de observador, uma reflexão sobre o aprender. Partindo da premissa de que há uma vinculação lógica entre o aprender e o conhecer, aplicaremos para o

"aprender" o mesmo raciocínio que utilizamos para a questão do conhecer. Acreditamos que este exercício valerá como outra contribuição dos autores desta Aula para a biologia do conhecer. Vamos a ela...

Se o conhecer é a conduta adequada de um organismo em face de um contexto, como diria Maturana, o aprender é o comentário feito por um observador a respeito da mudança de conduta de um organismo, em um determinado contexto. Embora o aprender guarde certa similaridade com o conhecer, particularmente no que diz respeito à referência a uma determinada conduta, é possível fazer uma distinção entre um e o outro, ou seja, entre o conhecer e o aprender. É importante notar que, quando uma pessoa, ou você mesmo, fala de aprender ou de aprendizagem, é sempre possível identificar neste discurso, explícita ou implicitamente, uma referência ao intervalo de tempo em que ocorreu a mudança de conduta. Seguindo essa linha de raciocínio, o aprender e o aprendizado são comentários de um observador sobre o processo ou sobre o resultado do processo de mudança da conduta de um organismo em um determinado contexto. Há de se ressaltar que o comentário do observador, sobre o que ele conota como aprender (mudança) e aprendizado (resultado da mudança) implica sempre um referencial comparativo, entre a ocorrência de duas condutas distintas em, pelo menos, dois momentos (t1 e t2). Geralmente, a conduta do organismo observada em t2 é valorizada pelo observador, que a concebe como mais adequada ao contexto especificado. O sentido dessa valorização, de adequação ao contexto, é aferido, geralmente, por indicadores como rapidez, intensidade, eficácia, eficiência, refinamento, frequência ou permanência. Note que esta melhoria de performance não implica valores morais ou éticos, pode-se aprender a roubar ou a matar com maior eficiência e o processo pelo qual este aperfeiçoamento se dá é também um aprendizado. Se o que é aprendido é conservado pelo organismo, por meio de mecanismos recursivos, o observador pode referenciar a conduta aprendida e

conservada como memória.

Se você aceitou que o conhecer – conduta adequada de um organismo em um contexto – pode ser ampliado para toda escala biológica, solicitamos também ao leitor que aceite a possibilidade do aprender – mudança da conduta de um organismo – ser ampliado da mesma forma. Se isso for aceito, segue-se que o aprender acontece o tempo todo, como uma mudança contínua da conduta do organismo. É precisamente essa ação contínua do mudar de conduta do organismo que estamos afirmando como inevitável, pelo menos enquanto esse organismo estiver realizando o seu acoplamento estrutural com o mundo, no seu viver.

Se tivéssemos de sintetizar, em uma só frase, tudo que dissemos sobre o aprender, diríamos que o aprender é o conhecer na seta do tempo (Figura 3). Como consequência, tanto o conhecer quanto o aprender são condições necessárias ao seguir vivendo. Ou seja, se "viver é conhecer", seguir vivendo implica aprender, ou, dito de outra forma, vivendo e aprendendo, ou vice-versa.

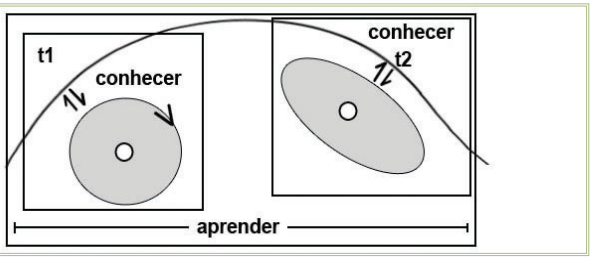


Figura 3 - Representação do acoplamento estrutural do ser vivo (em cinza) com o meio (linha que percorre os tempos t1 e t2). Tomados independentemente, t1 e t2 representam momentos do conhecer. Tomados em conjunto, o intervalo entre t1 e t2 é o aprender, definido aqui como o "conhecer na seta do tempo".

5. AINDA

A atividade científica se estabeleceu como aquela que produz conhecimento do mundo. A ciência, na sua relação com o "real", constroi modelos que falam a respeito dos "fenômenos do real". Este discurso é, portanto, um discurso "feito de fora"; sobre o que é a realidade e independente daquele que conhece (Descartes!!!). É um discurso formal, consistente, explicativo e realista, mas não representacionista, posto que o resultado deste discurso é sempre uma construção – um "real científico" que contém componentes de ambos, do objeto dado e do sujeito, ou seja, um objeto de conhecimento (Kant!!!). Não é representacionista porque não representa um objeto, mas explica um fenômeno, construindo, nesta explicação, objetos de conhecimento capazes de se apropriar do real e nele atuar como técnica. Contudo, é realista (Aristóteles!!!), na medida em que, embora não pretenda descrever/representar este real, assume que os fenômenos independem do observador e de seus construtos a respeito deles, os objetos de conhecimento que constituem um real científico. Haja vista, com Bachelard, que "só os objetos do conhecimento vulgar podem existir placidamente, tranquilos e inertes no espaço", Maturana radicaliza ainda mais o construtivismo ao afirmar que a realidade é somente um argumento explicativo e, portanto, necessariamente mediado e/ou construído pelo sujeito do conhecimento. Ufa! Que volta radical. Como você se sente? Tonto, enjoado, animado? Feliz ou infelizmente, o carrossel do ensino médio ficou para trás. Esperamos que os loopings daqui para frente, na Universidade, sejam sempre mais radicais. Esta é a aventura do conhecimento.

RESUMO

Pensar o conhecimento é assumir um referencial de segunda ordem. Para além dos enredos fenomênicos e para além dos enredos explicativos,

construir um enredo do enredo, um metaenredo. A partir de um recorte daquilo que consideramos as principais tendências na história do conhecimento e uma breve apresentação da biologia do conhecer, tentamos discutir os limites e a força deste tipo de conhecimento que é a ciência, enquadrando a biologia na sua moldura epistemológica. Acreditamos que, independente de qual seja o processo psicológico envolvido na produção do conhecimento, dos critérios de cientificidade assumidos ou, ainda, se o conhecimento transcende ou emana dos objetos, a questão candente é: Como o conhecimento se relaciona com o seu objeto de conhecer? Não existe uma resposta simples para isso, muito menos única. Nossa tentativa foi deixar isso claro para você.

ATIVIDADES FINAIS

1) O que é o realismo aristotélico?

COMENTÁRIO

Pergunta mais sofisticada do que a resposta, que está explícita no texto. Se você não se assustou com a pergunta, ótimo! Se você teve alguma dificuldade, talvez fosse conveniente amadurecer um pouco a sua leitura antes de continuar as suas atividades finais.

2) Diferencie empirismo de racionalismo.

COMENTÁRIO

Resposta mais sofisticada do que a pergunta. Nesse caso você preci-

sou ler, entender e sintetizar as informações contidas no texto. Isso não deveria oferecer maiores dificuldades "a essa altura do campeonato". Se estiver encontrando dificuldade, recomendamos uma releitura da Aula.

3) O que é o real científico a que se refere Gastón Bachelard?

COMENTÁRIO

Questão mais difícil das três na qual você teve de realizar a síntese da discussão empreendida sobre o conceito de real científico de Bachelard. Além disso, aqui você encontrou espaço para desenvolver o seu estilo de escrita.

4) Explique o aforismo "viver é conhecer" de Maturana.

COMENTÁRIO

Outra questão difícil! Síntese, organização e estilo de escrita eram importantes para uma boa resposta.

5) Com base na biologia do conhecer, diferencie conhecer de conhecimento.

COMENTÁRIO

Esperamos que depois das quatro questões anteriores, essa questão, apesar de difícil, já não seja vista como tal. Uma vez que você já deve estar se habituando aos argumentos desenvolvidos nesta Aula.

AUTOAVALIAÇÃO

Esperamos que esta Aula tenha explicitado para você as intenções presentes nas Aulas anteriores, uma vez que ela alinhava todos os conceitos e discussões travados até agora numa perspectiva epistemológica. Do mesmo modo, esperamos que estas Aulas anteriores tenham fornecido a você os exemplos concretos do que estivemos falando aqui sobre o conhecer e o conhecimento. Caso estes não sejam os seus sentimentos ao final da leitura, aconselhamos uma releitura rápida dos conteúdos já ministrados.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Como vimos nessa Aula, o conhecimento científico não pode ser tomado como inquestionável, como certo e verdadeiro, no sentido absoluto. Portanto, a aplicação desse conhecimento por pessoas, grupos, classes e instituições, na sociedade, não pode ser feito de maneira mecânica e/ou autoritária. Para começar a entender a complexidade destes problemas estaremos discutindo, na próxima Aula, as relações entre Biologia e sociedade.

REFERÊNCIAS

Andrade, L. A. B. & Silva, E. P. O conhecer e o conhecimento: comentários sobre o viver e o tempo. Ciências & Cognição 4:35-41, 2005. Disponível em http://www.cienciasecognicao.org/.

Bachelard, G. Filosofia do não: filosofia do novo espírito científico. 3º ed. Lisboa: Presença, 1984.

Chalmers, A. F. What is this thing called science? 2nd ed. London: Open University Press, Milton Keynes, 1982.

Chauí, M. Convite à Filosofia. São Paulo: Editora Ática, 2003.

Descartes, R. Meditações. São Paulo: Nova Cultural, 2000. (Os Pensadores)

Maturana, H. A ontologia da realidade. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1997.

Maturana, H. O que se observa depende do observador. In: Gaia – Uma teoria do conhecimento. São Paulo: Editora Gaia, 2000, p. 61-66

Maturana, H. Cognição, ciência e vida cotidiana. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001.

Maturana, H & Varela, F. A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano. Psy II, Campinas, 1995.

Pinto, P. R. M. Textos filosóficos disponíveis em: http://www.fafich.ufmg.br/~margutti/dados.html, 15/02/2012

Popper, K. Autobiografia Intelectual. São Paulo: Cultrix/EDUSP, 1977.

8

Biologia e Sociedade

Metas:

Apresentar alguns desdobramentos sociais e políticos da produção, interpretação e apropriação do conhecimento biológico.

Objetivo:

Esperamos que, após o estudo do conteúdo desta Aula, você seja capaz de:

1- Fazer a distinção entre condicionantes biológicas e sociais, tomando por base uma doença infectocontagiosa – a Peste Negra.

2- Enunciar os pressupostos do determinismo genético.

3- Identificar questões biológicas que não contam na sociedade com um consenso moral sobre a sua produção, interpretação, apropriação e prática.

Pré-Requisitos:

As Aulas Biologia e Conhecimento e Ecologia, ecologismo e educação ambiental são especialmente importantes para acompanhar o conteúdo que será trabalhado aqui. É interessante, contudo, que você domine, também, os conteúdos sobre herança/gene/genética.

Guia de Aula:

1. INTRODUÇÃO

2. SAÚDE E DOENÇA

3. O VERDE E O NEGRO

3.1 Condicionantes biológicas

3.2 Condicionantes sociais

4 ASSIM CAMINHA A HUMANIDADE...

4.1 Quando dois e dois são cinco

5. GENOMA VERSUS AMBIENTE

6. GENÉTICA E IDEOLOGIA

7. O MODERNO PROMETEU

7.1 Admirável Mundo Novo

8. RPM OU REVOLUÇÕES POR MINUTO!

1. INTRODUÇÃO

Estamos chegando ao fim de nossa jornada e esperamos que você tenha aproveitado a nossa companhia e reestruturado os seus conhecimentos sobre os temas aqui apresentados (vida, célula, organismo, herança, genes, evolução, espécie, ecologia e ciência). Para esta última aula, resolvemos trazer à baila uma discussão – Biologia e Sociedade – que não se faz presente para a maioria dos estudantes de biologia, mas que consideramos ser fundamental para a formação do biólogo, especialmente neste século XXI, tempo de tantos avanços biotecnológicos e de questões ambientais candentes, mas no qual vemos o recrudescimento de certas doenças que acreditávamos estarem praticamente extintas.

Como você perceberá ao longo deste texto, a temática sobre Biologia e Sociedade já foi inaugurada quando abordamos a ecologia e a educação ambiental (Aula 6) e quando tratamos da Biologia como atividade científica e, portanto, uma prática humana e social, como toda e qualquer ciência (Aula 7). Dessa forma, retornamos a um tema que já inauguramos, contudo, agora de maneira mais direta. "Ou não", como diria o baiano Caetano.

2. SAÚDE E DOENÇA

Ainda que a discussão sobre saúde e doença na raça humana pareça se restringir ao campo das ciências médicas, o equilíbrio entre estes dois estados do corpo depende de condicionantes biológicas e sociais, passíveis de serem estudadas por diferentes áreas do conhecimento. A contribuição

da biologia fica evidente tanto pelo fato de que muitos agentes etiológicos de doenças e seus transmissores são seres vivos, quanto pelo fato de que nós mesmos, seres humanos, uma classe de seres vivos, estamos, também, submetidos às mesmas leis biológicas universais. Haja vista que saúde e doença são estados constitutivos do próprio viver e, portanto, estão presentes desde sempre na história da vida. Nossa discussão será focada em algumas condicionantes biológicas e sociais do adoecer humano, ressaltando alguns enredos explicativos que foram produzidos ao longo da história e apontando as contradições sociais que ainda imperam na contemporaneidade e que são, portanto, condicionantes de muitas doenças.

Iniciando por uma retrospectiva histórica, gostaríamos de ressaltar que durante milhares de anos as doenças foram consideradas punições divinas, por conta de certo modo pecaminoso ou desregrado do viver humano, apontado pelos cronistas medievais como sendo, principalmente, o adultério e a blasfêmia. Não faltaram aqueles que apontassem como pecado ou desregramento o uso eventual de roupas masculinas por algumas mulheres que se disfarçavam para assistirem aos torneios. Porém, outros bodes expiatórios, ainda mais convenientes, levaram, também, a culpa: leprosos, judeus, árabes e andarilhos. Assim, para aplacar a fúria dos deuses, surgiu na sociedade uma classe de indivíduos que, supostamente, teriam poderes especiais (xamãs e sacerdotes) e, junto a esta classe especial, foi produzida uma imensa gama de rituais para espantar o mal, aliviar a dor e, quiçá, alcançar a cura.

XAMÃS

Em muitas sociedades os Xamãs são líderes espirituais, outorgados nesta função pela crença geral em seus poderes de natureza ritualística, mágica ou religiosa e por sua capacidade de manter contato com o mundo sobrenatural e com as forças da natureza.

Ainda que esta visão sobrenatural das doenças e do adoecer tenha sido questionada desde os primeiros filósofos gregos, há pelo menos quatro séculos antes de Cristo, com destaque para Hipócrates (460-370 a.C.), ainda hoje é grande o número de pessoas que cultivam esta crença e que estão, portanto, resignadas quanto à vontade divina sobre os seus destinos, incluindo o adoecer e o morrer.

O reconhecimento de causas naturais para explicar as doenças, iniciado pelos primeiros filósofos gregos, foi reforçado pela hipótese de que, para as doenças contagiosas, substâncias excretadas pelos próprios doentes poderiam disseminar a doença para indivíduos sadios de seu entorno social. No entanto, esta e outras visões que hoje nos parecem óbvias só foram levadas a sério a partir do século XIX, na Europa, quando ficou demonstrada a relação direta entre as doenças infectocontagiosas e as condições sócioambientais, particularmente as sanitárias.

Para exemplificar o que dissemos até aqui e ressaltar o que estamos chamando de condicionantes biológicas e sociais para o estabelecimento de algumas doenças, vamos descrever, de forma linear e bastante sucinta, alguns fatos marcantes sobre a pandemia que dizimou cerca de 50 milhões de pessoas em todo mundo, particularmente na Europa, onde quase a metade dos habitantes daquele continente foi morta pela Peste Negra, no século XIV. A Peste Negra é emblemática porque além de ter sido uma pandemia apavorante, ela entrelaça aspectos biológicos e sociais para o seu entendimento e pode, dessa forma, fornecer pontos para nossa discussão, além de grandes ensinamentos.

PANDEMIA

Pandemia (do grego pan = tudo/todo + demos = povo) é o processo de disseminação de uma doença infectocontagiosa, com grande abrangência geográfica, podendo atingir várias regiões, países e até outros continentes. A pandemia difere da epidemia, principalmente, pela grande abrangência geográfica da primeira em relação à segunda; e da endemia, pelo caráter restrito (área geográfica) e contínuo (incidência) desta última a uma área geograficamente determinada, ou seja, endêmica.

3. O VERDE E O NEGRO

A nossa história sobre a Peste Negra pode ser iniciada nas estepes da Manchúria, no período que vai de 1333 a 1346, quando esta região foi sacudida por uma série de problemas ambientais e sociais, tais como, secas, enchentes, terremotos, fome e guerras civis. Nestas circunstâncias de forte estresse para muitas espécies locais, incluindo a espécie humana, uma sequência de fatos se deu: o deslocamento de inúmeras populações de marmotas e outros roedores em busca de novos refúgios, a baixa imunidade dos roedores devido ao estresse, o crescimento bacteriano (*Yersinia pestis*) exacerbado nos reservatórios naturais (marmotas, principalmente), o aumento das taxas de morte destes últimos, o deslocamento de pulgas infectadas para outros roedores (particularmente os ratos), a taxa de morte aumentada nestes últimos e, como mais um elo desta cadeia, a infecção humana, provocada pela picada de pulgas infectadas (forma bubônica da doença). Através da tosse, a infecção humana prosseguiu de pessoa a pessoa, produzindo a forma pneumônica da doença. Na continuidade desta transmissão, ocorreu o estabelecimento daquela que foi uma das mais apavorantes pandemias da história humana – a Peste Negra.

Ainda que seja muito difícil apontar uma única causa para a Peste Negra do Século XIV, a hipótese de desequilíbrio nas populações de marmotas na Manchúria foi reforçada pelo estudo de outra ocorrência desta mesma doença, em 1911, já em pleno século XX. Assim, os historiadores apontam para o fato de que, logo depois do colapso da Dinastia Manchu, em 1911, ocorreu uma grande e desordenada imigração chinesa para a Manchúria, instalando-se um caos social na região por falta de alimento e trabalho. Um fato marcante deste período histórico foi o aumento da caça de roedores pelos imigrantes, por motivos nutricionais ou de comércio, principalmente as marmotas, pelo alto valor de suas peles nos mercados europeus. Estes

novos caçadores, por não conhecerem a região, desrespeitaram todas as tradições que, desde tempos imemoriais, regulavam a caça das marmotas pelos nômades manchus, tais como: a proibição do uso de armadilhas, a interdição da caça de animais que se movessem lentamente e, caso houvesse o abate neste último caso, a recomendação extrema para não manipular as carcaças. Como tudo isto foi desrespeitado, a doença se espalhou pela região, provocando mais uma epidemia de Peste Negra, já em pleno século XX.

Hoje sabemos que a doença denominada Peste Negra, que tem a bactéria *Yersinia pestis* como agente etiológico, é uma zoonose, cujos reservatórios naturais são pequenos roedores-cavadores, como a marmota, mas que, em certas condições de desequilíbrio ambiental, pode ser disseminada para outros roedores – esquilos, coelhos e ratos – através da picada de várias espécies de pulgas, dentre as quais a pulga do rato - *Xenopsylla cheopis*.

ANTROPOGÊNICO, MANCHÚRIA, RESERVATÓRIO NATURAL

Antropogênico é o termo utilizado para indicar que certas ações e/ou os seus produtos advêm de uma atividade humana.

Manchúria é uma vasta região ocupando o leste da Ásia, incluindo, atualmente, o extremo nordeste da China e uma parte da Sibéria. Historicamente, a Manchúria foi palco de vários reinos, entre os quais o Império Manchu, que dominou toda a China entre o século XVII até 1911.

Reservatório Natural é o hospedeiro natural do agente etiológico de uma doença, geralmente humana, mas que no reservatório natural não provoca morbidade acentuada.

ZOONOSE

Zoonose são doenças de animais transmissíveis ao homem, bem como aquelas transmitidas do homem para os animais. Os agentes que desencadeiam essas afecções são diversos, podendo incluir vírus, bactérias, fungos e helmintos.

Voltando ao século XIV, talvez você se pergunte: como a Peste Negra, iniciada na Manchúria, chegou à Europa? Os estudiosos do assunto apontam o ano de 1346 e a região da Criméia – península russa que se estende até o Mar Negro – como o corredor de entrada da Peste na Europa. Historicamente, ocorreu uma disputa entre cristãos (genoveses, em sua maioria), que faziam comércio entre a Ásia Menor e a Europa, e os tártaros (povo de origem turca e mongol), que na época sofriam as agruras da Peste Negra. Os tártaros chegaram a sitiar a cidade fortificada de Kaffa, no Mar Negro, onde residiam muitos cristãos, e quando já perdiam a batalha, dizimados pela luta e pela doença, decidiram dar aos seus inimigos o gosto amargo de seus sofrimentos, lançando por sobre as muralhas de Kaffa, através de suas catapultas gigantescas, os soldados mortos pela Peste. Por mais que este ato seja considerado insano aos nossos olhos, como estratégia de guerra surtiu efeito. Assim, a Peste Negra logo se espalhou pela cidade de Kaffa e os genoveses, apavorados, embarcaram em suas galés em direção ao Mediterrâneo, levando com eles a Peste. No outono de 1347, as primeiras galés genovesas chegaram à Messina, na Sicília, e os habitantes daquela cidade logo perceberam a carga mortal que estava a bordo, mas já era tarde. Outras galés chegaram a outros portos e mesmo quando seus tripulantes eram impedidos de desembarcar, os ratos não obedeciam a esta ordem e a Peste Negra foi se espalhando pelo Mediterrâneo e, ato contínuo, por todo o continente Europeu.

KAFFA

Kaffa foi uma cidade fundada pelos gregos, ocupada sucessivamente pelos tártaros e genoveses (sob o nome de Caffa ou Kaffa), depois pelos otomanos (sob o nome de Keve), depois pelos poloneses e cossacos e, enfim, pelos russos, que a denominaram Teodósia ou Feodossia.

3.1 Condicionantes biológicas

Dentre as condicionantes biológicas – toxicidade bacteriana, susceptibilidade do hospedeiro, biologia dos reservatórios naturais, biologia dos vetores etc. – destacaremos o fenômeno da imunidade (natural e adquirida) como referência à resistência ou à susceptibilidade de muitos indivíduos à Peste Negra. Assim, ainda que a Peste Negra tenha dizimado quase a metade da população da Europa no século XIV (os susceptíveis), a outra metade da população sobreviveu. Dentre os sobreviventes estariam àqueles indivíduos que: (a) por alguma razão, não entraram em contato com o agente patogênico; (b) foram acometidos pela doença, mas conseguiram a autocura, tornando-se imunes e (c) entraram em contato com o agente etiológico, mas não desenvolveram a doença, em qualquer de suas manifestações clínicas. Sabe-se hoje que alguns indivíduos são naturalmente resistentes aos agentes etiológicos de certas doenças (portadores sãos) e chegam mesmo a albergar estes agentes patogênicos ao longo de suas vidas. Considerando, então, que os portadores sãos podem transmitir o agente patogênico para indivíduos sadios e susceptíveis, a qualquer momento, eles são uma fonte permanente de contaminação e de preocupação para os órgãos responsáveis pela saúde coletiva e pela vigilância sanitária.

Embora o fenômeno da imunidade tenha sido observado desde o século V a.C., só a partir do século XVIII, na Inglaterra, com o trabalho de

Edward Jenner

Edward Jenner (1749-1823) foi um naturalista e médico britânico que ficou mundialmente conhecido pelos seus estudos sobre a varíola e pela descrição de um método (vacinação) capaz de imunizar seres humanos contra esta doença.

Edward Jenner, com a varíola, e na França, no século XIX, com os estudos de Louis Pasteur sobre a cólera aviária, o carbúnculo das ovelhas e a raiva canina e humana, que o fenômeno da imunidade ficou um pouco mais conhecido, fundamentando a prática da vacinação, paulatinamente, aceita pelos médicos. Com estes dois pioneiros, Jenner e Pasteur, nasceu uma nova disciplina, a imunologia, e com ela a ênfase na busca de novas vacinas. Esta marca de nascença da imunologia, ligada à prática médica, criou uma demanda social permanente que exige desta disciplina e de seus praticantes – os imunologistas – a busca incessante de novos procedimentos, com vistas ao desenvolvimento de vacinas protetoras para toda e qualquer doença infectocontagiosa, seja ela viral, bacteriana ou parasitária.

IMUNIDADE NATURAL, ADQUIRIDA, VACINAÇÃO

Imunidade natural é o conjunto de processos fisiológicos que permitem ao organismo neutralizar e eliminar substâncias estranhas a ele, evitando assim as doenças.

Imunidade adquirida refere-se ao estado de proteção que um animal desenvolve contra certos tipos de substâncias ou partículas estranhas com as quais ele entrou em contato, denominadas genericamente de antígenos.

Vacinação é o processo pelo qual é possível induzir artificialmente uma resposta protetora, específica e duradora, no organismo com vista a ele se tornar imune ao agente infeccioso.

3.2 Condicionantes sociais

Mesmo reconhecendo que as condicionantes biológicas das doenças vêm sendo mais bem estudadas e, portanto, ampliadas, há um consenso sobre a importância das condicionantes sociais na determinação das mesmas, particularmente com relação às doenças transmissíveis, daí a preo-

cupação dos governos com o que acontece dentro e fora das fronteiras de seus estados nacionais. Isto ficou evidente através da preocupação mundial, em 2009, com a pandemia de gripe provocada pelo vírus H1N1, de baixa letalidade, felizmente.

Hoje, mais do que nunca, com quase meio bilhão de pessoas se deslocando anualmente para todos os cantos do mundo, a globalização dos germes se faz na mesma intensidade que a globalização dos mercados. É importante ressaltar, no entanto, que da mesma forma que a riqueza não é distribuída equitativamente nesta ordem econômica global, sendo cada vez mais concentrada nos países ricos, as doenças, ao contrário, se concentram, cada vez mais, nos países pobres, principalmente aqueles que vêm sendo explorados, há séculos. Assim, a título de exemplo, o continente africano pode ser apontado como recordista em persistência de óbitos por doenças infecciosas. No conjunto das nações africanas, uma criança morre de infecção a cada três segundos, uma em cada cinco morre antes de completar cinco anos, milhares morrem de tuberculose e de outras doenças vinculadas às condições de pobreza, tais como a falta de saneamento básico e alimentação inadequada. Este quadro triste e vexatório está sendo reafirmado agora pelas estatísticas de outra doença infecciosa relativamente recente – a AIDS. Assim, dos 36 milhões de pessoas que se estima estarem hoje infectadas pelo vírus da AIDS (HIV), cerca de 20 milhões (72%) residem na África. Se aceitarmos que estes dados estatísticos não acontecem por acaso, mas por história, e que eles não podem ser explicados por um castigo divino contra o continente que foi o berço da humanidade, somos obrigados a aceitar que isto foi, em parte, produzido pelo próprio homem, através da exploração secular de outrora e de agora, seja ela tribal, imperialista, colonialista, neocolonialista ou capitalista. Se aceitarmos isto, devemos nos solidarizar e nos comprometer com a causa africana para que possamos ver, um dia, a liberdade plena, ainda que tardia, deste grande e rico continente e de suas populações autóctones.

VÍRUS H1N1, HIV, GLOBALIZAÇÃO

Vírus H1N1 é um vírus do tipo A, subtipo H1N1, responsável pela causa mais comum de gripe em humanos. A letra H refere-se à proteína hemaglutinina e a letra N à proteína neuraminidase. Este subtipo deu origem, por mutação, a estirpes de grande letalidade – como a gripe espanhola, com mais de 50 milhões de mortos – e a estirpes de letalidade baixa, como a pandemia que acometeu vários países em 2009, particularmente o México e os Estados Unidos.

Vírus HIV é o Vírus da Imunodeficiência Humana. É um vírus pertencente à classe dos retrovírus, infecta principalmente os linfócitos CD4 do Sistema Imunológico, causando a Síndrome de Imunodeficiência Humana (AIDS).

Globalização é o processo econômico mundial que preconiza, entre outras coisas, a desregulamentação dos mercados, as privatizações das empresas estatais e o abandono do estado de bem-estar social vis-à-vis dos interesses financeiros.

ATIVIDADE 1

Um estudo demonstrou várias condicionantes para a Doença de Chagas, no Brasil. Destas que estão apresentadas a seguir, coloque um B nas condicionantes que você considera que são biológicas e um S naquelas que você considera como sociais.

( ) O tatu galinha (Dasypus novemcinctus) é um dos reservatórios naturais da Doença de Chagas.

( ) Várias espécies de barbeiros são hospedeiros intermediários da Doença de Chagas e podem, assim, transmiti-la ao homem.

( ) A transmissão da Doença de Chagas ocorre, principalmente, à noite, quando as pessoas estão dormindo.

( ) A domiciliação do barbeiro foi uma consequência da destruição, em grande escala, das florestas pelo homem.

( ) As cafuas são locais propícios à transmissão da Doença de Chagas pelo barbeiro infectado e, portanto, uma política habitacional poderia diminuir a incidência desta doença em nosso país.

COMENTÁRIO

As respostas para esta atividade são fáceis e diretas. No entanto, há que se ter maior atenção quando na mesma assertiva se encontram elementos que podem ser interpretados como biológicos e sociais. Nestes casos, há que se ter bom senso e procurar o que está sendo enfatizado na questão, ou seja, se o que se enfatiza é de natureza mais biológica do que social, ou vice-versa. Assim, por exemplo, o fato de os homens dormirem à noite é biológico, mas, também, pode ser social, no caso daqueles que são obrigados a dormir durante o dia porque trabalham à noite. Existem condicionantes que são biológicas, tais como a imunidade natural, mas as condições ambientais, como estresse, influenciam na mesma. Destarte, vale o bom senso!

4. ASSIM CAMINHA A HUMANIDADE...

Os atuais avanços nos conhecimentos da genética abriram perspectivas para o aumento da produção de alimentos e para o desenvolvimento de novas tecnologias importantes, tanto para diagnóstico quanto para terapêutica. Trariam estes avanços, então, uma esperança para atenuar proble-

mas da humanidade como as doenças e a fome? Não parece que tudo sejam flores no caminho do desenvolvimento científico...

O grande desenvolvimento que a genética experimentou não trouxe somente bons frutos. Associado aos seus avanços se desenvolveu, também, certo sentimento de onipotência científica, fazendo ressurgir uma série de mitos e preconceitos que são incorporados ao discurso das pessoas. As ideias do determinismo biológico fazem parte destes mitos e estão particularmente enraizadas no senso comum. A influência destas ideias está presente cotidianamente nos mais diversos meios de comunicação (jornais, rádio, TV etc.) e os seus ecos podem ser ouvidos até mesmo nos meios acadêmicos.

O determinismo biológico é composto de um conjunto de ideias que tenta explicar, através de causas biológicas, as diferenças de habilidades entre os indivíduos ou até mesmo a forma como eles se organizam. Por exemplo, segundo estas ideias, os diferentes papéis desempenhados por homens e mulheres na sociedade teriam uma ligação direta com as características de cada sexo. Partindo da interpretação de que os machos nas espécies de mamíferos seriam mais violentos, fortes e competitivos do que as fêmeas, conclui-se que esta seria a causa da posição de liderança que os homens ocupam nas sociedades humanas. As fêmeas, por outro lado, sendo mais dóceis e sensíveis, se ocupariam com a manutenção da prole, atividade para a qual teriam sido talhadas pelas suas características biológicas. Seguindo este mesmo raciocínio, seria possível entender porque entre os humanos persiste uma sociedade de classes tão marcada. Para tanto, seria necessário, apenas, observar as "sociedades" de abelhas ou cupins, nas quais a divisão do "trabalho" é determinada geneticamente. Aliás, o determinismo genético é a manifestação mais radical do determinismo biológico! Neste caso, tentam-se explicar as desigualdades entre as diferentes classes sociais, grupos humanos e sexos, por supostas diferenças genéticas entre eles.

A identificação de causas biológicas e genéticas para as desigualda-

des presentes na sociedade nada mais é do que um reducionismo científico associado às mais diversas manifestações ideológicas. Contudo, as ideias do determinismo genético não são encontradas apenas nos guetos de skin heads (carecas) ou entre os grupos de extrema direita, nazistas e fascistas, que começam a ressurgir com força no mundo e no Brasil, com seu ideário racista. As ideias deterministas podem ser identificadas, também, no senso comum, com todo o repertório de piadas sobre negros, judeus, mulheres e nordestinos ou nos meios acadêmicos, a partir da disseminação de teorias altamente sofisticadas como a Sociobiologia.

REDUCIONISMO, SKINHEADS, SOCIOBIOLOGIA

Reducionismo é o nome dado, grosso modo, à concepção filosófica que afirma que fenômenos complexos podem ser explicados pelo conhecimento isolado de suas partes constituintes. Dito de outra forma, que o conhecimento das partes é capaz de explicar o todo. Diz-se reducionismo científico quando esta concepção significa, também, que todos os fenômenos podem ser reduzidos à explicações científicas.

Os skin heads brasileiros (Carecas) surgiram no início dos anos 1980, na zona leste de São Paulo e no ABC paulista. Foram influenciados pelo movimento punk que existia na Inglaterra na mesma época. Atualmente, sua postura ideológica é fundamentada numa mistura de nacionalismo, homofobia, anticomunismo, antianarquismo, antirracismo e antidrogados. Contudo, sua postura ideológica é confusa e contraditória. Por exemplo, embora assumam uma postura dita antirracista, têm ligações com a ideologia white power (racistas europeus e norte-americanos). Do mesmo modo, sua postura antidrogados é contraditória com os altos índices de alcoolismo dentro do movimento.

Sociobiologia é um ramo da biologia evolutiva que assume que os comportamentos e sentimentos humanos evoluíram a partir daqueles comportamentos determinados geneticamente nos animais, tais como o altruísmo e a agressividade. O termo foi popularizado pelo entomologista Edward Osborne Wilson (1929-) em seu livro Sociobiologia: A Nova Síntese (1975).

Vender "gato por lebre" é uma prática comum em discussões que envolvem o determinismo biológico. Portanto, nesta discussão, é importante uma reflexão sobre a natureza do conhecimento científico em geral e, mais particularmente, sobre os problemas da genética como ciência e o seu impacto nas ideias e no cotidiano das pessoas.

Esperamos que você já esteja razoavelmente aparelhado para isto "a esta altura do campeonato", mas sempre que achar necessário reveja pontos que você já viu aqui nas Aulas deste curso. Em outros casos, nós mesmos retornaremos a algumas questões para esclarecer a nossa posição. Então, vamos estudar mais de perto os argumentos do determinismo genético.

4.1 Quando dois e dois são cinco

De maneira resumida, os pressupostos do determinismo genético podem ser esquematizados da seguinte maneira:

I- Há diferenças de poder, riqueza e sucesso entre as pessoas.

II- Estas diferenças estão associadas à diferentes habilidades e comportamentos entre elas.

III- Estas habilidades e comportamentos podem ser medidos (mensurados).

IV- Os valores medidos (mensurados) representam um caráter, uma realidade física nos indivíduos.

V- Os caracteres individuais são herdados geneticamente.

VI- Diferenças no genoma são inalteráveis, inapeláveis.

Grande parte destes pressupostos, principalmente os primeiros, deve obter uma fácil concordância da maioria dos leitores casuais, já que parecem ser observações óbvias do cotidiano. Contudo, esta obviedade é falaciosa e não se sustenta diante de um exame mais detalhado. Existe uma série de equívocos nestes pressupostos, alguns deles no conteúdo das afirmações e outros na produção de relações artificiais entre eles.

No primeiro pressuposto, são apresentadas diferenças entre as pessoas que são fortes marcadores sociais e, logo a seguir, associam-se estas diferenças a características "pessoais" (pressuposto II), numa tentativa de estabelecer uma relação de causa e efeito. Ora, relações de causa e efeito não são facilmente demonstradas em ciência, no entanto, elas aqui são simplesmente assumidas. Do mesmo modo, já é apresentado um sentido para causalidade (pessoas diferentes assumem papéis diferentes) sem nenhuma discussão. Ou seja, a diferença dos papéis é determinada pelas diferenças entre as pessoas e não, como também poderia ser o caso, as diferenças entre as pessoas são determinadas pelos diferentes papéis que elas ocupam na sociedade. Do mesmo modo, não se discute se "pessoas" e "papéis" têm sua diferença determinada por um terceiro fator, por exemplo, poder aquisitivo, bagagem cultural etc.

CAUSALIDADE

Causalidade ou relação de causa e efeito é a relação entre um evento (a causa) e um segundo evento (o efeito), sendo que o segundo evento é uma consequência do primeiro. Ou seja, é uma concepção de como os eventos se relacionam e surgem, possibilitando, portanto, a sua compreensão.

Assumir como verdades naturais os pressupostos I e II fornecem a base para estudos de herança de uma série de características humanas. Habilidades e comportamentos que têm tido o seu mecanismo de herança estudado entre os seres humanos são, dentre outros, inteligência, agressividade, homossexualismo, esquizofrenia, alcoolismo. Estas características são

complexas e a sua definição ambígua: O que vem a ser inteligência? Como definir comportamentos como homossexualismo, agressividade e alcoolismo? Onde encontrar os limites do que é uma manifestação esquizofrênica, daquilo que é uma particularidade de experienciar o mundo? Estas perguntas indicam a ambiguidade envolvida na definição de características complexas como estas supracitadas. A situação fica ainda mais complicada quando é sabido que algumas destas perguntas não possuem nenhuma resposta ou, o que pode ser pior ainda, encontram uma variedade muito grande de respostas possíveis. Mais que isso, algumas vezes sob um mesmo rótulo, por exemplo, "violência", pode-se reunir fenômenos tão distintos quanto casos de assassinatos em série, espancamento de mulheres e crianças e ocupações e saques do Movimento dos Sem Terra.

MST

O Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra ou MST surgiu na década de 1980 com inspiração marxista e no cristianismo (teologia da libertação) e tem como objetivo a realização da reforma agrária no Brasil.

Mesmo que os problemas de definição apontados acima pudessem ser resolvidos, ainda assim o estudo da herança destas características não seria tarefa simples. Na base genética destas características (não na sua determinação) devem estar envolvidos mais de um loco, com pelo menos dois alelos em cada um deles, o que aumenta consideravelmente a complexidade do problema, já que nesta situação são esperadas as mais diversas interações entre os genes e entre os locos envolvidos.

Entre o terceiro (as habilidades e comportamentos podem ser medidos) e o quarto (as medidas são o caráter) pressupostos há algumas extrapolações:

1) O fato de que podemos medir determinadas manifestações de um fenômeno não define o fenômeno. No entanto, isto é o que é feito na grande

maioria dos casos de características comportamentais humanas como, por exemplo, a inteligência. Nos estudos de genética da inteligência, ela é definida como aquilo que os testes de QI medem. Se perguntarmos, por outro lado, o que mede um teste de QI? Obteremos a resposta: inteligência! Como você deve estar percebendo com este exemplo, a medida do fenômeno, neste caso, passa a definir o próprio fenômeno.

2) Entre a medida e o fenômeno existe um hiato que é determinado pela nossa maneira de observar e interpretar este fenômeno e, também, pelos limites e características do nosso aparelho de medida. Logo, uma medida não representa nunca toda a manifestação do fenômeno, mas é sempre uma simplificação. Isto passa a ser particularmente importante quando alguns estudos dizem estar tratando de um fenômeno global quando, na verdade, se restringem a apenas um aspecto deste fenômeno. Para ser mais claro, poderíamos especular se "gostar de couve" é genético ou não. Isto porque, sentir a couve amarga depende da sensibilidade dos indivíduos ao sabor amargo da fenil-tio-carbamida (PTC) nela presente. Sensibilidade a PTC tem herança mendeliana simples. Contudo, entre o sentir o gosto amargo na couve e o gostar de couve existe uma grande diferença, um grande hiato, logo, é possível se estudar a herança da sensibilidade dos indivíduos ao PTC, mas isto não significa que estamos estudando a herança do "gostar de couve". Ficou claro para você o nosso exemplo?

3) Uma medida não é um concreto, não se confunde com a coisa mesma. E não dizemos isto, num sentido kantiano da "coisa em si", mas num sentido bachelardiano do "real científico" (volte à Aula anterior sobre Biologia e Conhecimento). Ou seja, medidas só têm realidade no interior das teorias em que foram produzidas (o "real científico" de Bachelard), logo, ganham realidade com uma teoria e não tem a propriedade de produzir realidades independentes da teoria, como parece admitir o quarto pressuposto do determinismo genético.

4) Finalmente, mesmo se assumíssemos todas as extrapolações anteriores como corretas e legítimas, ainda assim, o último pressuposto (características genéticas não podem ser mudadas) seria a expressão de um grande fatalismo genético, ou seja, se tais e quais características estão codificadas no nosso genoma, então, não há salvação, nem esperança de mudança para o indivíduo! Ora, uma característica genética como a deficiência na atividade da enzima glucose-6-fosfato-desidrogenase (G-6PD) tem as suas consequências facilmente dirimidas, uma vez que o uso de determinadas substâncias seja evitado. O mesmo pode ser dito da doença autossômica recessiva denominada fenilcetonúria que, quando não tratada precocemente, tem sintomas severos como oligofrenia, atraso no desenvolvimento psicomotor (andar e falar), convulsões, tremores, hiperatividade e microcefalia. Esta doença é facilmente diagnósticada ao nascimento a partir do teste do pezinho e o tratamento consiste, simplesmente, em uma dieta pobre em fenilalanina.

TESTE DE QI, G-6PD, FENILCETONÚRIA, TESTE DO PEZINHO

Os testes de QI (Quociente de Inteligência) foram criados, originalmente, em 1905, pelo pedagogo e psicólogo francês, Alfred Binet (1857-1911), e por seu colega, também psicológo, Theodore Simon (1872-1961), para identificar estudantes que pudessem precisar de ajuda extra em sua aprendizagem. Atualmente são utilizados para avaliar as capacidades cognitivas de um indivíduo em comparação ao seu grupo etário e são tomados como medida de inteligência.

A síntese da glucose-6-fosfato-desidrogenase (G-6PD), uma enzima ligada ao metabolismo da glicose, é determinada por um gen ligado ao sexo. A deficiência dessa enzima acarreta a sensibilidade dos indivíduos deficientes (XgXg e XgY) a certas drogas, como os antipiréticos, os analgésicos, a vitamina K e a ingestão de certos tipos de feijão. Quando expostos a estas substâncias, os indivíduos deficientes podem desenvolver severa anemia hemolítica. Para evitar tais consequências basta aos indivíduos deficientes evitarem as substâncias desencadeadoras do problema.

A fenilcetonúria (PKU) é uma enzima que catalisa o processo de conversão do aminoácido fenilalanina em outro, a tirosina. As toxinas acumuladas afetam o tecido nervoso e causam atrasos mentais severos. A PKU pode ser detectada num teste de urina ou de sangue. Com a detecção precoce o problema é minimizado limitando o consumo de alimentos, tais como o leite e outras substâncias protéicas que contenham um elevado grau de fenilalanina.

O teste do pezinho é realizado com recém-nascidos nos primeiros dias (ou horas) de vida. Consiste na obtenção de uma amostra de sangue através de uma picada no "pezinho" do recém-nascido. O sangue é armazenado sob a forma de pequenas manchas num papel de filtro que é posteriormente utilizado para testes laboratoriais de doenças congênitas e fenilcetonúria.

O fato de que somos mais do que a simples expressão mecânica dos nossos genes fica evidente nos dois conceitos mais banais da genética clássica, que são as definições de genótipo e fenótipo. Contudo, se os conceitos básicos da genética mendeliana clássica nos informam a respeito disto, as ideias do determinismo parecem ignorar a lição, e assumem o fatalismo do "se é genético não tem jeito".

5. GENOMA VERSUS AMBIENTE

A complexidade das relações entre genoma e ambiente foi percebida desde o começo da genética e estão expressas nos dois conceitos mais triviais da genética básica: genótipo e fenótipo.

A observação de que a expressão dos fatores genéticos em caracteres não era direta, mas dependia de certas relações entre os alelos (dominância, recessividade etc.) e os locos (epistasia, pleiotropia etc.) envolvidos na manifestação do caráter, bem como da interferência do ambiente (norma

de reação), levou a construção da distinção entre genótipo, que é o conjunto gênico do ser vivo e fenótipo, que é a expressão deste conjunto gênico em caracteres.

DOMINÂNCIA, EPISTASIA, NORMA DE REAÇÃO

Dominância é o termo utilizado para descrever situações em que o fenótipo dos indivíduos heterozigotos é condicionado pelo alelo dominante, ou seja, o alelo recessivo só se manifesta em homozigoze. Na dominância incompleta, o indivíduo heterozigoto apresenta um fenótipo diferente dos indivíduos homozigotos. Neste caso, apresenta um fenótipo intermédio entre os dois indivíduos homozigotos. Na co-dominância, o indivíduo heterozigoto apresenta um fenótipo diferente dos indivíduos homozigotos. Neste caso, apresenta um fenótipo que resulta na expressão das características dos dois indivíduos homozigotos.

Epistasia é um tipo de interação entre genes. Ocorre quando a ação de um gene é modificada por um ou diversos genes que se associam independentemente. Outro tipo de interação gênica é a pleiotropia, que é quando um par de alelos determina ao mesmo tempo mais de um caráter do organismo.

Norma de reação é a capacidade de um genótipo de produzir diferentes fenótipos em resposta ao ambiente. É o conjunto de expressões fenotípicas de um genótipo sob diferentes condições ambientais.

As relações entre os dois fenômenos que os conceitos de genótipo e fenótipo definem não são simples. Basta dizer que a definição de caráter fenotípico depende do nível de observação do fenômeno, que para o albinismo, por exemplo, pode ser a observação direta da cor da pele, passando por medidas de melanina produzida, até a identificação do RNA mensageiro. Do mesmo modo, dentro da definição de ambiente não estão apenas fatores como luz, temperatura, pH, umidade, como é habitual pensar, mas, também, pode ser afirmado que para um determinado gene todo o restante do conjunto gênico funciona como ambiente. Na verdade, nos estudos genéticos, tem-se muito mais noção da influência dos genes do que da

determinação genética destes sobre a maioria das características.

ALBINISMO

O albinismo é uma característica genética recessiva na qual não ocorre a produção de melanina (pigmento). Os indivíduos albinos apresentam ausência total ou parcial de pigmentação da pele, dos olhos e dos cabelos.

Imaginando, num sonho determinista, a possibilidade de compreender todas as complexas interações que resultam na expressão do genótipo em fenótipo, em pouco tempo o sonho se tornaria um pesadelo diante dos ruídos inerentes ao próprio desenvolvimento, que introduzem uma dose de indeterminação nas normas de reação do genótipo. Ou seja, como podem gêmeos idênticos apresentar diferenças de impressões digitais? Como pode ser explicado que no mesmo indivíduo possam ser encontradas diferenças marcantes entre os lados direito e esquerdo do próprio corpo? Fenômenos como estes são impossíveis de serem previstos e controlados, no entanto, representam o cotidiano do desenvolvimento de qualquer zigoto a adulto. Eventos únicos que constituem a individualidade, ou mesmo, a multiplicidade dentro da unidade de um único ser vivo.

Quando o interesse repousa não sobre características simples, mas sobre caracteres complexos tais quais as habilidades e comportamentos humanos dos quais vimos falando, percebemos o engodo de acreditar em notícias sonoras como da descoberta do gene para o alcoolismo, homossexualismo, violência etc. Tais afirmações repousam menos em possibilidades científicas concretas e muito mais em anseios de legitimar e justificar um processo de separar, dividir e segregar, que já ocorre com pessoas e grupos dentro da sociedade.

ATIVIDADE 2

A galactosemia é uma doença causada pela falta da enzima normal, galactose-1-fosfato uridil transferase. As pessoas afetadas apresentam cirrose hepática, cataratas e retardo mental. A seguir são fornecidas, na coluna da esquerda, outras informações sobre esta doença. Na coluna da direita são fornecidas interpretações sobre estas informações, com base em alguns pontos discutidos até aqui. Correlacione as informações fornecidas com as interpretações apropriadas.

1- Homozigotos normais e heterozigotos são indistinguíveis na base de exames clínicos corriqueiros.

2- Exames laboratoriais demonstram que os homozigotos para o alelo normal apresentam níveis de atividade enzimática duas vezes maior do que os heterozigotos, e os homozigotos para o alelo galactosemico apresentam níveis baixíssimos de produção da enzima.

3- Crianças geneticamente galactosemicas podem deixar de expressar os efeitos da doença se forem submetidas a uma dieta sem galactose.

( ) A definição de caráter fenotípico depende do nível de observação do fenômeno.

( ) As definições de genótipo e fenótipo informam que a expressão dos genes depende do ambiente em que eles se desenvolvem.

( ) A galactosemia é uma doença recessiva.

COMENTÁRIO

Se você acertou todas as alternativas desta segunda atividade, podemos dizer, então, que as ideias do determinismo biológico não te pegam mais desavisado. Mais que isso, você já tem uma ideia de genótipo, fenótipo e ambiente que deixaram a ingenuidade de lado. Parabéns! Caso nada disso

seja verdade e você enfrentou dificuldades com esta atividade, não é motivo para desespero também, vamos entender que dois e dois não são cinco e rever o item sobre genoma versus ambiente.

6. GENÉTICA E IDEOLOGIA

A genética tem ocupado um papel relevante na história, desde o seu nascimento, quando Mendel produziu uma teoria da herança que se ocupava em demonstrar a estabilidade das coisas criadas por Deus, e passando pela sua subversão, na teoria sintética da evolução, onde ela passa a ser a explicação coerente para o processo de mudanças evolutivas (ver Aula 3: Herança e Genes e Aula 4: Evolução). Este papel, no entanto, nem sempre foi positivo e, muitas vezes, a genética funcionou como legitimadora de preconceitos e ideologias. O exemplo mais conhecido e, também, mais lamentável, foi o seu uso pelo nazismo, na Segunda Guerra Mundial, quando serviu não só como base para a teoria de Hitler, exposta no Mein Kempf, mas, também, para a série de experimentos criminosos que se seguiram à tomada do poder pelo novo regime.

A relação entre ciência e ideologia é fenômeno bem conhecido pelos estudiosos da história e filosofia da ciência e não causa mais espanto. A ciência, como mais uma obra humana, não poderia estar imune à história do seu tempo. Assim é que as novas teorias refletem muito das ideias, expectativas e sentimentos dominantes na sua época e, depois, já bem estabelecidas, passam a funcionar como mecanismo legitimador das ideologias mais diversas.

Quando dizemos que a ciência reflete o seu tempo, não queremos

Adolf Hitler

Adolf Hitler (1889-1945) foi o líder do "Partido Nacional Socialista dos Trabalhadores Alemães" conhecido, também, como "Nazi", uma abreviação para o nome em alemão "Nationalsozialistische". Suas teses racistas e antissemitas (contra os judeus), assim como seus objetivos para a Alemanha foram descritas no seu livro, de 1924, "Mein Kampf" (Minha Luta). No período entre 1939 e 1945, Hitler liderou a Alemanha no maior conflito do século XX, a Segunda Guerra Mundial, quando, então, foram perseguidos grupos como deficientes físicos e mentais, eslavos, poloneses, ciganos, homossexuais e judeus, no que ficou conhecido como Holocausto. A maior parte dos perseguidos foram exterminados (submetidos a chamada "solução final"), enquanto outros foram usados em experimentos médicos e militares.

dizer com isto que a ciência seja apenas outro tipo de senso comum. Muito pelo contrário, como você já viu na Aula 7 (Biologia e Conhecimento), alguns acreditam que a ciência se constrói na ruptura com o senso comum e na criação de uma realidade nova, quase sempre contraditória com aquela que os sentidos percebem. Como diria Bachelard, a ciência cria um real novo, o "real científico", e é neste real que ela se move e é deste real que ela fala. E a realidade? Com a realidade só é possível desejar uma relação dialética, onde o real e as nossas construções ao seu respeito dialogam e interagem, fazendo avançar o conhecimento. Para falar um pouco mais claro: nenhum de nós espera encontrar os "A's" e "a's" mendelianos como constituintes de ninguém, porém, com estas ideias de "A's" e "a's" na cabeça (teoria), somos capazes de prever fenômenos de herança e mesmo interferir na forma como eles se dão. Aí está a força e o limite da ciência e, também, muito do seu charme.

Também não queremos dizer que a ciência sirva sempre como instrumento legitimador de ideias não científicas. A ciência tem certa autonomia na construção dos seus objetos de estudo, de forma que é capaz de produzir conhecimentos novos e revolucionários. Assim foi que a teoria mendeliana de herança quando surgiu, não interessou nem a gregos, nem a troianos. Por um lado, era uma teoria da estabilidade dos fatores genéticos ao longo das gerações, o que não servia a nenhum evolucionista de então. Por outro lado, a Igreja não simpatizava com uma teoria que explicava a manutenção do mundo do criador a partir de probabilidades, afinal não é assim que se espera que o artífice tenha feito ou mantenha a sua obra. Uma luta entre os contrários da mudança e da estabilidade parece construir o movimento dialético da ciência, em direção ao futuro.

Você deve estar se perguntando o que estamos querendo dizer então. Estamos dizendo que a ciência não pode ser encarada como um conhecimento absolutamente destituído de historicidade, acima do bem e do mal, neutro e objetivo. A ciência deve ser entendida como a obra humana

que é e, consequentemente, na sua dialética com todos os fatores históricos e sociais. Dessa forma, as tentativas de colocar os nossos genes como ditadores do nosso destino não se coadunam nem com o atual conhecimento da genética, nem com a própria natureza do que os genes representam: objetos de conhecimento construídos e operacionalizados para revolucionar o nosso destino. A ciência não é o sinônimo de verdade, mas, ao contrário, é o triunfo da atividade humana sobre uma série de mentiras. Mas esperamos que isto tenha servido apenas como uma recapitulação daquilo que já discutimos no capítulo anterior.

Falando ainda em genética, o século passado nos deixou tontos com tantos avanços nesta ciência. Tantos que, neste século XXI, ainda estamos tentando lidar com seus "produtos". Uma das grandes "batatas quentes" da revolução genética do século XX foi, certamente, a transformação acarretada na forma de compreender e operar com a biotecnologia.

7. O MODERNO PROMETEU

A biotecnologia define-se como a utilização de conhecimentos da biologia para resolver problemas, criar produtos de utilidade, bens e serviços. Nesta definição, podem ser incluídas atividades que os seres humanos vêm desenvolvendo há milhares de anos, tais quais a produção de alimentos fermentados (pão, vinho, iogurte, cerveja etc.) ou a domesticação de plantas e animais. Contudo, a partir da revolução genética ocorrida no século XX, pensar em biotecnologia é, basicamente, pensar no uso da informação genética e das técnicas de DNA recombinante. Incluso aí o conjunto de técnicas que permite à indústria farmacêutica cultivar microorganismos para produzir antibióticos, cultivar células de plantas para obtenção de mudas comerciais, o tratamento de despejos sanitários pela ação de micro-

organismos (melhorados, engenheirados ou não) em fossas sépticas etc.

DNA RECOMBINANTE

DNA recombinante é uma sequência de DNA artificial que resulta da combinação de diferentes sequências de DNAs. Isto é possível devido à utilização das enzimas de restrição, que são produzidas por bactérias e têm a capacidade de cortar o DNA controladamente em determinados pontos, levando à produção de fragmentos contendo pontas adesivas que podem se ligar a outras pontas de moléculas de DNA, que também tenham sido cortadas com a mesma enzima.

As áreas do conhecimento envolvidas na biotecnologia são muitas e incluem as ciências (biologia molecular, microbiologia, biologia celular, genética, embriologia etc.) e as técnicas (técnicas imunológicas, químicas, bioquímicas, informática, robótica etc.). A engenharia genética (utilização das técnicas do DNA recombinante) ocupa, obviamente, um papel de destaque na biotecnologia moderna, seja porque permite substituir métodos tradicionais de produção, seja porque permite obter produtos inteiramente novos a partir dos organismos transgênicos. Na Figura 1 você pode visualizar de maneira esquemática a posição da biotecnologia entre as três grandes áreas da biologia, engenharia e química. Neste ponto, deve ser uma redundância afirmar para você que a biotecnologia transforma nossa vida cotidiana: ela oferece novas oportunidades de emprego, coloca no mercado novos produtos, desenvolve novos processos industriais e agrícolas, cria testes de diagnóstico, métodos de biorremediação do ambiente e até, poderíamos dizer, um novo ambiente, na medida que novos seres (organismos transgênicos) e, portanto, novos nichos e relações ecológicas passam a existir.

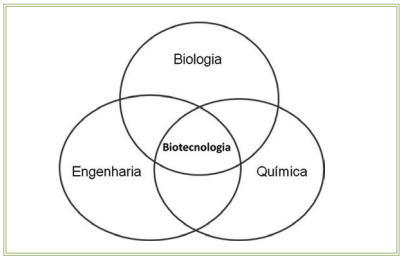


Figura 1 - Esquema mostrando a existência da biotecnologia na interseção de três grandes áreas do conhecimento

ORGANISMOS TRANSGÊNICOS, BIORREMEDIAÇÃO

Organismos transgênicos são aqueles que apresentam, em seu genoma, material genético oriundo de outros organismos. São obtidos a partir do que se convencionou chamar de engenharia genética que usa a tecnologia do DNA recombinante.

Biorremediação consiste na utilização de seres vivos ou seus componentes na recuperação de áreas contaminadas. Geralmente são processos que empregam microorganismos ou suas enzimas para degradar compostos poluentes.

A consequência imediata dos impactos da biotecnologia moderna na nossa vida cotidiana é reacender a discussão no tocante aos limites admissíveis de interferência do ser humano no corpo humano vivo (ou mesmo morto), nos seres vivos de uma maneira geral e no ambiente. Surge, então, uma discussão sobre os direitos da humanidade de interferir desta forma na natureza e, consequentemente, surge, também, a necessidade de imposição de limites na prática biotecnológica. Dito assim, pode parecer que a imposição destes limites se baseia, apenas, em um sentimento de medo ou religiosidade das pessoas (o que, certamente, são elementos importantes nesta discussão), mas esta necessidade advém do fato de que com tamanho desenvolvimento da biotecnologia existe uma intromissão da atividade humana em unidades não de todo conhecidas e explicadas. Assim, se não existia (e não existe ainda) consenso em relação a questões como fertilização *in vitro*, eutanásia, transplantes de orgãos e o aborto, o problema é ainda mais crítico quando os limites do que é o corpo, o ser vivo e a própria natureza são relativizados com os transgênicos, a clonagem, as pesquisas com células tronco e o manejo e exploração do ambiente e da biodiversidade. Estas questões apontam para o problema da liberdade-liceidade da produção, interpretação e prática biotecnológica. Mais que isso, o fato de que a biotecnologia cria bens de consumo e serviços revela que a discussão é mais complexa e inclui o processo de produção, apropriação e consumo dos bens produzidos.

CLONAGEM, CÉLULAS TRONCO

Clonagem, em biotecnologia, refere-se aos processos usados para criar cópias idênticas de fragmentos de DNA (clonagem molecular), células (clonagem celular) ou organismos. Um clone é, basicamente, um descendente de um conjunto de células, moléculas ou organismos geneticamente igual ao de uma célula matriz. Existem várias técnicas de clonagem, uma delas permite clonar um animal a partir de óvulos não fecundados, sendo este processo conhecido desde o século XIX. A primeira experiência com clonagem de animais ocorreu no ano de 1996, na Escócia, no Instituto de Embriologia Roslin, que conseguiu clonar uma ovelha, batizada de Dolly. Após esta experiência, vários animais foram clonados, como por exemplo, bois, cavalos, ratos e porcos.

As células tronco são células primárias encontradas em todos os organismos multicelulares que retêm a habilidade de se renovar por meio da divisão celular mitótica e podem se diferenciar em uma vasta gama de tipos de células especializadas.

Diante de tamanhas incertezas, o paradigma ético-profissional estabelecido na Grécia Antiga daria sinais de esgotamento normativo durante a segunda metade do século XX, quando começa a haver uma homologia na ordem do conhecer e do fazer. Ou seja, a nova civilização, também chamada civilização tecnocientífica, é capaz de exercer um poder de manipulação tão grande sobre a vida e o ambiente que alguns já falam do nascimento de uma nova humanidade e de uma nova natureza. A biotecnologia é "O Moderno Prometeu" e a natureza passa a ser um "Admirável Mundo Novo" para o qual é necessário pensar uma ética específica aos seus problemas: uma bioética.

7.1 Admirável Mundo Novo

A bioética é uma ética aplicada, ou seja, ela visa dar conta dos conflitos e controvérsias morais implicados nas práticas das ciências da vida e da

saúde do ponto de vista de algum sistema de valores (ética). Ela se distingue da ética teórica, uma vez que para resolver os conflitos éticos concretos não pode recorrer a princípios de autoridade transcendentes (externos à própria situação de conflito, como a ideia de Deus, por exemplo), mas tão somente imanentes (aqueles que dizem respeito à própria dinâmica social do conflito). A bioética tem função tripla:

1) Descritiva, que consiste em descrever os conflitos em pauta.

2) Normativa, que consiste tanto em proscrever os comportamentos considerados reprováveis quanto prescrever aqueles considerados corretos.

3) Protetora, pois, na medida do possível, tenta amparar todos os envolvidos na disputa de interesses e valores.

Trata-se, portanto, de uma prática racional que utiliza aspectos de saber, experiência e competência normativa para efetuar juízos práticos. Assim, a bioética constitui uma prática de segunda ordem (descrição, normatização e proteção baseada em um sistema de valores imanentes) que opera sobre práticas de primeira ordem (as ciências da vida e da saúde). As pesquisas, discursos e práticas da bioética são multidisciplinares. A rigor, a bioética não é nem uma disciplina, nem uma ciência, nem uma nova ética, pois sua prática e seu discurso se situam na interseção entre várias tecnociências (medicina, biologia e suas múltiplas especializações), ciências humanas (sociologia, psicologia, psicanálise) e disciplinas que não são propriamente ciências (o direito, a filosofia, a teologia). A complexidade da bioética é, de fato, tríplice. Em primeiro lugar, está na encruzilhada entre um grande número de disciplinas. Em segundo lugar, nela se dão os encontros, conflituosos ou não, entre diferentes ideologias, sistemas morais, religiões, filosofias. Por fim, ela é um lugar de embates entre grupos de interesses e de poderes constitutivos da sociedade civil: associações de pacientes, corpo

médico, defensores dos animais, associações paramédicas, grupos ecologistas, agro-business, indústrias farmacêuticas, bioindústria e pesquisadores. Apenas para você ter uma noção do tamanho do problema. O Quadro 1 descreve alguns fatos que marcaram a discussão bioética na nossa sociedade tecnocientífica.

1	1960	Em 1960, a Food and Drug Administration (FDA) aprova o "Enovid", primeiro contraceptivo oral eficaz (uma combinação de dois esteróides sintéticos - progesterona e estrogênio). A vida sexual e social ocidental foi revolucionada, se estabelece a discussão feminista sobre a autonomia da mulher em gerir seu próprio corpo, seguida dos debates sobre a questão do aborto.
2	1967	Ocorre o primeiro transplante de coração realizado pelo Dr. Christian Barnard, na África do Sul. Ressurge, então, a discussão a respeito da definição de morte, uma vez que para efetuar o transplante é necessário que o coração ainda esteja batendo.
3	1978	Nasce Louise Brown, o primeiro bebê de proveta, que abriu novas possibilidades de tratamento médico para casais com problemas de fertilidade. Novas questões éticas e legais começam a surgir pela prática generalizada da fertilização medicamente assistida.
4	1997	Nasce Dolly, a ovelha clonada por transferência nuclear. Foi retirado o núcleo com o material genético de uma célula somática e introduzido num óvulo enucleado. Abre-se o debate sobre a clonagem humana, já que a técnica é a mesma.
5	2000	O primeiro rascunho do genoma humano é anunciado. Novas possibilidades se colocam, tanto no diagnóstico das doenças genéticas como na terapia gênica.

Quadro 1 - Algumas datas e acontecimentos que marcaram a discussão bioética

8. RPM OU REVOLUÇÕES POR MINUTO!

Usamos muito, nesta Aula, expressões que têm uma forte conotação de velocidade (desenvolvimento científico que nos deixa tontos, revoluções científicas etc.). Esta pressa em que se vê a sociedade atual é, geralmente, associada à velocidade do desenvolvimento do conhecimento humano. Por exemplo, nos últimos 30 anos, mais informação científica foi produzida do que em toda história da humanidade. Do mesmo modo, novos computadores, internet, sequências de DNA são produzidos, praticamente, a cada dois anos, lançando-nos (e a tecnologia) num processo de rápida obsolescência. Contudo, tanta mudança esconde, muitas vezes, um velho conhecido que resiste em mudar: o capitalismo! O que nos parece ser a questão fundamental para pensar a revolução biotecnológica e da bioética é o problema da apropriação do conhecimento, da técnica, do desenvolvimento por grupos privados que enriquecem em detrimento da pobreza de toda população. Sendo mais claro, parece-nos que o problema central na discussão sobre a liberdade-liceidade das atividades humanas é a sua caracteristica de transformar em mercadoria coisas até então impensáveis. Com o capitalismo atual não existem mais fronteiras para exploração: genes, células, o ambiente e a biodiversidade são transformados em mercadorias e passam a atender a lógica da produção e circulação do mercado. Sem querermos desvalar para a panfletagem, gostaríamos apenas de explicitar que acreditamos no fato de que pensar as relações entre Biologia e Sociedade nos impõe a responsabilidade de pensar novas formas de produzir, interpretar e se apropriar do conhecimento biológico que, de alguma forma, não sejam subservientes a lógica capitalista.

RESUMO

Nesta Aula, apresentamos alguns desdobramentos sociais e políticos da produção, interpretação e apropriação do conhecimento biológico. Começando com o exemplo da Peste Negra, discutimos as interações entre condicionantes biológicas e sociais no problema do adoecer humano. Destacamos o fenômeno da imunidade (natural e adquirida) para nos referir à resistência ou à susceptibilidade de muitos indivíduos à Peste Negra e aos problemas das diferenças entre pobres e ricos (seres humanos e/ou países) para nos referir ao problema do recrudescimento de muitas doenças, na África por exemplo. Os atuais avanços nos conhecimentos da genética foram discutidos com relação às ideias do determinismo biológico e genético que foram estudados mais de perto a partir de seus pressupostos, na tentativa de demonstrar o fato de que somos mais do que a simples expressão mecânica dos nossos genes e, desta forma, superar o fatalismo do "se é genético não tem jeito". Falando ainda em genética, discutimos os avanços da biotecnologia e a sua consequência imediata que foi reacender a discussão, no tocante aos limites admissíveis de interferência da tecnologia no corpo humano, nos seres vivos de uma maneira geral e no ambiente. O enfrentamento destas discussões determinou a necessidade de uma bioética. Esta nova ética visa dar conta dos conflitos e controvérsias morais implicados nas práticas das ciências da vida e da saúde do ponto de vista de um sistema de valores (ética). A bioética tem função tripla: descritiva, normativa e protetora. Contudo, o que nos parece a questão fundamental para pensar a revolução biotecnológica e a bioética é o problema do capitalismo, sistema que transforma em mercadorias genes, células, o ambiente e a biodiversidade que passam a atender a lógica da produção e circulação do mercado. Pensar as relações entre Biologia e Sociedade nos impõe a responsabilidade de pensar novas formas de produzir, interpretar e se apropriar do conhecimento biológico que, de alguma forma, não sejam subservientes a lógica capitalista.

ATIVIDADES FINAIS

1- Em 8 de setembro do ano 2000, 191 países assinaram um acordo explicitando a intenção de cumprir o que foi denominado de Metas de Desenvolvimento do Milênio (MDM) ou, simplesmente, Metas do Milênio, que incluem: (1) erradicar a fome e a pobreza extrema, (2) atingir o ensino básico universal, (3) promover a igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres, (4) reduzir a mortalidade infantil, (5) melhorar a saúde materna, (6) combater as doenças infectocontagiosas, (7) garantir a sustentabilidade ambiental e, também, (8) estabelecer uma parceria mundial para o desenvolvimento. À luz do que você leu na primeira parte da Aula, faça um breve comentário relacionando cada meta do milênio com o que você aprendeu sobre as condicionantes biológicas e sociais das doenças infectocontagiosas.

COMENTÁRIO

Embora a ajuda humanitária dos países ricos aos países pobres seja importante e, em algumas circunstâncias, até necessária e providencial, há que se fazer uma leitura crítica da conjuntura internacional para se perceber, e ao mesmo tempo tomar consciência, que muito da desigualdade observada não é obra do acaso, mas, ao contrário, provocada por estratégias de controle, implícitas ou explícitas, que vão desde políticas comerciais impostas até as guerras de invasão. Se o poder instituído busca homogeneizar as sociedades humanas, o contrapoder deverá apostar nas diferentes formas do viver cultural. Se o poder instituído facilita a globalização da doença, o contrapoder deve lutar pela globalização da saúde. É por isso que não se concebe mais a doença, desvinculada do social, e a saúde, desvinculada

da democracia. Assim, no Brasil, uma grande conquista dos movimentos sociais foi a criação do Sistema Único de Saúde (SUS), de responsabilidade do Estado (Lei Orgânica de Saúde, 1990), com base no Art. 198 da Constituição Federal, de 1988. Como princípios doutrinários do SUS, destacam-se a universalidade, a integralidade e a equidade. Com vistas à gestão eficiente do Sistema, ficou garantido o controle social, com a participação dos usuários nas Conferências e nos Conselhos de Saúde.

2- É possível fazer, com ratos, um programa de seleção artificial para habilidade de sair de labirintos, de maneira que, após algumas gerações, a capacidade de sair de labirintos dos novos ratos é maior. Isto indica que a inteligência é genética? Por quê?

COMENTÁRIO

Dois e dois não são cinco! Era isto, basicamente, que esperávamos que você fosse capaz de dizer para gente aqui. Se você chegou lá, não está mais levando gato por lebre e, portanto, alcançou os nossos objetivos propostos. Caso você perceba que a lebre que você levou para casa está miando, vamos conversar de novo sobre os pressupostos do determinismo genético, antes que possamos dar por finda nossa jornada conjunta.

AUTOAVALIAÇÃO

Esta Aula marca a explicitação última da nossa proposta para você: conversar sobre tudo aquilo que achamos importante para um estudante de biologia. Ah! Você sabe o que quer dizer a etimologia da palavra conversar? Cum é “com” e Versare é “dar voltas”, portanto, cum-versare ou conver-

sar é dar voltas com o outro: nós conversamos aqui e esperamos que tenha sido para você o mesmo prazer que foi para nós.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA...

O seu passo seguinte não é uma nova Aula, mas a responsabilidade com a sua escolha profissional! Esperamos que nosso tempo juntos tenha dado a você todo apoio necessário para prosseguir seguro na sua jornada que, não sendo solitária, é, certamente, pessoal. Nossos melhores votos para o futuro!

REFERÊNCIAS

Bachelard, G. Epistemologia. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1983.

Costa, F. Revista USP Número 24: Dossiê Genética e Ética. Dezembro/Janeiro/Fevereiro 1994-1995. Coordenadoria de Comunicação Social, Universidade de São Paulo, 1995.

Gould, S.J. The Mismeasure of Man. England: Penguin Books, 1996.

Rios, A.R.; Itagiba, I.C.L.; Barboza, H.H.; Barreto, V.; Sapucaia, M.R.; Becker, P.; Levcovitz, H.; Santos, J.R. & Becker, B. Bioética no Brasil. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, 1999.

Rose, S. A pertubadora ascensão do determinismo neurogenético. Ciência Hoje 2(126): 18-27, 1997.

Rose, S.; Lewontin, R.C. & Kamin, L.J. 1984. Not in our genes. England: Penguin Books,1990.

Ujvari, S.C. A História e suas Epidemias: A convivência do homem com os microrganismos. Rio de Janeiro: Editora SENAC, 2003.

A

Apêndice de Respostas

AULA 1

ATIVIDADE 1 - pag. 19

RESPOSTA

Como você já deve saber, as nossas concepções sobre as coisas e sobre o nosso mundo são muito influenciadas pela cultura na qual vivemos, incluindo nesta dimensão cultural, os hábitos, as crenças, a escolarização, etc. Haja vista que a ciência não é o único sistema de conhecimento e, portanto, não é a única maneira de explicar o mundo, acreditamos que muitas das pessoas que estão ao nosso redor, por não terem tido a oportunidade de estudar a biologia com mais profundidade, acreditam, ainda, na geração espontânea ou, ainda pior, nem mesmo sabem da existência de microorganismos e/ou de seus esporos no ar que respiramos e que nos envolve a todos.

ATIVIDADE 2 - pag. 22

RESPOSTA

Findo o período de incubação de 24 horas, espera-se encontrar iogurte no copo B, produto da fermentação (transformação da lactose em ácido lático) do leite pelas bactérias veiculadas pela colher de iogurte (cultura inicial). Embora o copo A tenha o mesmo conteúdo do copo B (leite + cultura inicial), o crescimento das bactérias fermentadoras foi inibido, mas não totalmente interrompido, pela baixa temperatura. O copo C, controle negativo, mantém-se inalterado, pois foi previamente fervido e não recebeu a cultura inicial, além do mais foi mantido à baixa temperatura para inibição do crescimento de qualquer outro microrganismo potencialmente contaminante.

ATIVIDADES FINAIS - pag. 39

1) RESPOSTA

Evolução darwiniana depende da informação genética.

2) RESPOSTA

Não. A questão não fazia sentido nas condições da Terra primitiva.

AULA 2

ATIVIDADE 1- pag. 61

RESPOSTA

O primeiro e terceiro postulados estão, ainda, atuais. O segundo postulado, no entanto, está equivocado.

ATIVIDADE FINAL - pag. 67

A maioria dos textos define o organismo vivo em termos de propriedades ou a partir de funções. Em alguns textos, faz-se uma hierarquia em que o organismo se encontra numa cadeia linear entre "órgãos e populações ou entre sistemas e populações". Poucos são os textos que buscam definir o organismo a partir de um domínio de existência diferenciado e diferenciante, ou da conservação transgeracional de um espaço extracelular fechado.

AULA 3

ATIVIDADE 1- pag. 82

RESPOSTA

Existem dúvidas quanto ao fato dos três cientistas terem realmente redescoberto as leis de Mendel. Hugo de Vries citou Mendel somente depois que o trabalho de Correns foi publicado, portanto, não pode ser chamado de redescobridor. Erich Tschermak publicou seu trabalho com uma referência a Mendel, em junho do mesmo ano, depois de ter lido a publicação de Correns. Portanto, também, só confirmou a validade das leis da herança. O único legítimo redescobridor do trabalho de Mendel foi, provavelmente, Carl Correns, que soube avaliar a sua importância e denominou-a "Lei de Mendel", dizendo que era um dos melhores trabalhos publicados sobre hibridações. Portanto, mesmo neste caso, mais do que uma redescoberta das leis da herança, parece ter sido a descoberta de um grande cientista por Correns.

ATIVIDADES FINAIS - pag. 97

1) RESPOSTA

(a) 1865 (d) Beadle & Tatum (c) Princípio transformante

(b) 1903-4 (b) Sutton & Boveri (e) Modelo de estrutura do DNA

(c) 1928 (e) Watson & Crick (a) Fatores Hereditários

(d) Déc. de 30 (c) Griffith (b) Teoria cromossômica de herança

(e) 1953 (a) Mendel (d) Um gene-uma enzima

2) RESPOSTA

Elas associariam um equivalente a um gene, sendo o gene desde uma característica (como em Mendel) até uma função (como na teoria de Beadle & Tatum), passando por pedaços de cromossomos e segmentos de DNA.

AULA 4

ATIVIDADE 1- pag. 109

RESPOSTA

i) Natureza da variação entre spp é a mesma da variação entre pops

ii) Descendência comum

iii) Evolução é um processo natural

iv) Não há desenho

ATIVIDADE 2- pag. 119

RESPOSTA

A definição de evolução do quadro de senso comum não está de acordo com aquilo que foi visto até aqui sobre a teoria evolutiva.

TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO	*Mudança nas frequências gênicas por força de seleção natural, deriva genética, mutação e migração.*

SENSO COMUM	*Evolução é progresso.*
TEORIA DARWINISTA CLÁSSICA	*Descendência com modificação guiada por seleção natural.*
DEFINIÇÃO SIMPLES	*Evolução é mudança*

ATIVIDADES FINAIS - PAG. 125

1) RESPOSTA

A perspectiva materialista da variação e a interpretação do processo de especiação, como um processo de transformação de variação intrapopulacional em variação interpopulacional.

2) RESPOSTA

Porque traz uma perspectiva populacional para interpretação da variação observada entre os indivíduos dentro das populações. Por conta disso, as diferenças deixam de ser defeitos dos indivíduos em relação a um tipo perfeito.

3) RESPOSTA

Darwin observa que o número de parentais é, geralmente, menor que o número de descendentes produzidos. Contudo, o tamanho das populações varia pouco, ao longo das gerações. Diante destas duas observações, Darwin chega à sua primeira conclusão: existe uma mortalidade. Como os indivíduos não são todos iguais, mas variam em relação às características

que podem ser importantes para a sua sobrevivência, Darwin conclui que esta mortalidade não deve se dar ao acaso, mas por um processo de seleção natural.

4) RESPOSTA

O mecanismo que produz a variação é a mutação. Os mecanismos que escolhem a variação são a deriva genética e a seleção natural.

5) RESPOSTA

No sentido de que é a partir de A origem das espécies que a especiação é entendida como um processo de transformação, de variação intrapopulacional em variação interpopulacional.

AULA 5

ATIVIDADE 1- pag. 140

RESPOSTA

(IAR)	Platão
(IAR)	Lógica Dedutiva
(ICL)	Lineu
(ICL)	Empirismo
(IAR)	Decifração
(IAR)	Criação, essência, signos
(ICL)	Observação
(ICL)	Lógica Indutiva
(ICL)	Contar, medir, dissecar
(IAR)	Aristóteles

ATIVIDADE 2- pag. 146

RESPOSTA

(CFE)	Monofilia
(CBE)	Isolamento reprodutivo
(CRE)	Sistema de fertilização comum
(CCE)	Mecanismos de coesão

ATIVIDADES FINAIS - pag. 149

1) RESPOSTA

Porque até o Renascimento acreditava-se que conhecer uma espécie era entender a sua essência. Para tanto, era necessário decifrar a criação a partir dos signos deixados por Deus na forma das coisas presentes no mundo. Era usada uma lógica dedutiva. A partir de Lineu, a perspectiva passa a ser empirista, ou seja, o conhecimento das espécies estava ligado a um método indutivo; portanto, era preciso observar os seres vivos de maneira cuidadosa. Para tanto, era necessário contar, medir, dissecar etc.

2) RESPOSTA

As ideias evolutivas determinaram que os conceitos de espécie passassem a refletir a filogenia (ancestralidade comum), a perspectiva populacional e a continuidade das espécies na reprodução.

3) RESPOSTA

As ideias evolutivas determinaram que os conceitos de espécie passassem a refletir a filogenia (ancestralidade comum), a perspectiva popu-

lacional e a continuidade das espécies na reprodução.

AULA 6

ATIVIDADE 1- pag. 140

RESPOSTA

1-Interdependência	(3) Os elementos químicos ora estão participando da estrutura de moléculas inorgânicas, na água, no solo ou no ar, ora estão compondo moléculas de substâncias orgânicas, nos seres vivos.
2- Maior diversida--de=maior estabilidade	(1) O aumento populacional de Lonomia obliqua (taturana) ocorreu em muitos centros urbanos brasileiros devido aos desequilíbrios ambientais decorrentes dos desmatamentos e extermínio dos seus inimigos naturais (aves, lagarto-teiú, sapos etc.).
3- Reciclagem de matéria e energia	(2) A Amazônia é a maior floresta do mundo, representando 35% de todas as florestas do mundo. É considerada também uma das mais antigas coberturas florestais, permanecendo estabilizada a cerca de 100 milhões de anos.

ATIVIDADES FINAIS - pag. 178

1) RESPOSTA

Ficha técnica

Título: Ilha das Flores

Ano: 1989

Diretor: Jorge Furtado

País da produção: Brasil

Palavras chave: documentário, ecologia, ecologismo, educação ambiental, filme brasileiro, humor negro, pobreza, economia.

Título: A História das Coisas (The Story of Stuff)

Ano: 2007

Diretor: Louis Fox

País da produção: EUA

Palavras chave: documentário, ecologia, ecologismo, educação ambiental, economia, circulação de mercadorias, consumo, lixo.

2) RESPOSTA

Porque a perspectiva darwiniana estabelece a importância fundamental da imensa rede de relações que existe entre os seres vivos entre si e destes com o seu ambiente, definindo a noção de que existe uma economia da natureza na qual cada espécie ocupa um lugar definido.

3) RESPOSTA

No princípio era o verbo... e o verbo se fez carne - É uma citação da Bíblia sobre "Deus" (a origem, o criador) e seu filho Jesus nascido entre os seres humanos.

A Teia de Charlotte - É um livro infantil do escritor americano Elwyn Brooks White que conta a história da vida e das relações estabelecidas numa fazenda entre personagens tão pouco prováveis quanto uma menina, um porquinho e uma aranha.

Jesus não tem dentes no país dos banguelas - é o quarto álbum de estúdio da banda brasileira de rock Titãs, lançado em 1987.

O Dia Seguinte - é o título em português, do filme americano The Day After (1983, Diretor Nicholas Meyer), que descreve o desencadeamento da guerra nuclear total entre os americanos e os então soviéticos.

E agora José?- Poema de Carlos Drummond de Andrade, publicado no livro José, em 1942.

4) RESPOSTA

Preservar é manter intacto e a conservação prevê a exploração racional e o manejo contínuo dos recursos naturais.

5) RESPOSTA

Foi a Conferência da Organização das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em 1972, em Estocolmo.

6) RESPOSTA

Esta crise é baseada no fato de que o modo de produção e de consumo atual é fundado numa lógica de acumulação ilimitada (capital, lucros, mercadorias) e consumo exacerbado que levam, inapelavelmente, ao esgotamento dos recursos e a destruição acelerada do meio ambiente.

AULA 7

ATIVIDADE 1- pag. 195

RESPOSTA

(4) Matematização

(5) É impossível verificar a veracidade das assertivas sobre o mundo

(1) Maiêutica

(4) Método da dúvida

(3) Realismo

(2) Dialética

ATIVIDADE 2 - pag. 201

RESPOSTA

A assertiva (b) por que ela é passível de ser testada e, portanto, falseável segundo o critério popperiano de falseabilidade. A assertiva (b) resiste à falseabilidade já que sempre poderá chover em algum lugar e algum momento.

ATIVIDADE 3 - pag. 204

RESPOSTA

Acreditamos que você não tenha sido capaz de encontrar o que lhe foi solicitado nesta situação-problema.

ATIVIDADES FINAIS - pag. 212

1) RESPOSTA

Acreditar que as coisas, o mundo ou o real existem e que as categorias são elementos ontológicos, ou seja, emanam das coisas.

2) RESPOSTA

Para o empirismo, todos os nossos conhecimentos provêm dos nossos sentidos. Para o racionalismo, por outro lado, nossos conhecimentos provêm da razão que interpreta o mundo segundo leis do pensamento que são a priori e possuem validade universal.

3) RESPOSTA

Segundo Bachelard, não trabalhamos diretamente com o real, mas com um conjunto de conhecimentos construído racionalmente e que age sobre a realidade (real cientifico). A atividade científica constrói objetos de pensamento que irão compor um real científico e é este real construído que media a nossa ação no mundo. O maior exemplo disto são os experimentos de laboratório que compõem um mundo inventado que Bachelard chama de fenomenotécnica.

4) RESPOSTA

Para Maturana "se manter vivo" significa que o organismo apresenta uma conduta adequada ao nicho e é isso que Maturana define como conhecer biológico. Ou seja, todo organismo vivo está, momento a momento, em ato contínuo de conhecer. Quando deixa de conhecer o ser vivo morre, ou seja, morre o ser vivo que deixa de estar em ato contínuo de conhecer, isto é, perde o acoplamento estrutural com o meio, deixa de saber viver.

5) RESPOSTA

Conhecer é "se manter vivo", apresentar uma conduta adequada ao nicho, ou seja, estar em acoplamento estrutural com o meio. Conhecimento, por outro lado, é o produto advindo do processo sistemático do conhecer e inclui, além do produto advindo deste processo, a capacidade do organismo de observar e de fazer referência, de forma recursiva e recorrente, à própria história do processo.

AULA 8

ATIVIDADE 1- pag. 195

RESPOSTA

(B) A relação entre o agente etiológico de uma doença e o seu reservatório natural é uma condicionante biológica.

(B) A relação entre o agente etiológico de uma doença e o seu hospedeiro intermediário é uma condicionante biológica,

(B) O fato de a transmissão ocorrer, principalmente, à noite, quando os homens estão dormindo (biologia humana) e quando os insetos estão ativos (biologia do barbeiro) torna esta condicionante biológica e não social.

(S) O fato de a domiciliação do barbeiro ter sido causa de uma ação humana (antropogênica) faz da assertiva da questão uma condicionante social.

(S) Toda política pública implementada para evitar, curar ou erradicar uma doença é uma condicionante social.

ATIVIDADE 2- pag. 239

RESPOSTA

1- Homozigotos normais e heterozigotos são indistinguíveis na base de exames clínicos corriqueiros.

2- Exames laboratoriais demonstram que os homozigotos para o alelo normal apresentam níveis de atividade enzimática duas vezes maior do que os heterozigotos, e os homozigotos para o alelo galactosemico apresentam níveis baixíssimos de produção da enzima.

3- Crianças geneticamente galactosemicas podem deixar de expressar os efeitos da doença se forem submetidas a uma dieta sem galactose.

(2) A definição de caráter fenotípico depende do nível de observação do fenômeno.

(3) As definições de genótipo e fenótipo informam que a expressão dos genes depende do ambiente em que eles se desenvolvem.

(1) A galactosemia é uma doença recessiva.

ATIVIDADES FINAIS- pag. 250

1) RESPOSTA

Meta 1 – Estima-se que um bilhão de pessoas no mundo inteiro viva, a duras penas, com menos de um dólar por dia. As maiores desigualdades estão na América Latina, Caribe e África Subsaariana. Se esta desigualdade social continuar, a saúde deste enorme contingente humano, particularmente das crianças, continuará seriamente ameaçada, haja vista a relação inversa entre desnutrição e imunidade.

Meta 2 – Considerando a relação entre o baixo investimento em educação e o aumento de doenças, estima-se que mais de 100 milhões de crianças em idade escolar, em todo o mundo, continuam fora da escola. Deste contingente, a maioria são meninas que vivem no sul da Ásia e na Áfri-

ca Subsaariana. Esta condenação antecipada pode ser observada também na América Latina, incluindo o Brasil, onde encontramos ainda uma expressiva população infantil (4 milhões) privada de qualquer ensino escolar.

Meta 3 – A desigualdade de gênero começa desde o nascimento e deixa as mulheres, para o resto da vida, em desvantagem quanto à plenitude do exercício de alguns direitos sociais e mesmo para alguns direitos considerados fundamentais, como a saúde. Embora tenha havido uma mudança no sentido de um reconhecimento à igualdade social entre os sexos, ainda há muito que se fazer, neste sentido.

Meta 4 – Embora a taxa de mortalidade infantil venha caindo, considerando o montante da população mundial, esse progresso é desigual. Estima-se que onze milhões de crianças morrem, anualmente, acometidas por doenças evitáveis ou tratáveis, como as doenças respiratórias, diarreia e sarampo. A mortalidade infantil é maior em países pobres e, no âmbito destes, este índice está aumentado entre as populações desprovidas de assistência médica, pública e de qualidade, onde se superpõem a falta de saneamento básico, educação e alimentação adequada.

Meta 5 – Dados estatísticos mostram que as complicações ocorridas no período da gravidez e no momento do parto matam mais de meio milhão de mulheres, anualmente, em todo o mundo. Embora o risco na gravidez gire em torno de 1 para 4000 mulheres nos países ricos, uma em cada 16 mulheres morre durante o parto na África Subsaariana. Vencido este desafio de vida e morte, os problemas não param para as mulheres dos países pobres, pois, além das demandas familiares, elas precisam garantir uma alimentação adequada, particularmente no período de amamentação, fundamental à saúde dos lactentes.

Meta 6 – Embora o número relativo de doentes acometidos por várias doenças infectocontagiosas tenha diminuído e o número de pesso-

as assistidas pela medicina tenha aumentado, somente 30% do número estimado de pessoas que necessitam de tratamento o recebem. Como dito anteriormente, o padrão de tratamento é desigual, refletindo as desigualdades sociais.

Meta 7 – Além dos problemas ambientais provocados por fenômenos naturais, o mundo se depara com questões ambientais contemporâneas candentes, provocadas pelo próprio homem, tais como: o aumento da poluição, a emissão exacerbada de gases do efeito estufa, a diminuição da água potável, a diminuição das florestas e dos mangues etc. A destruição de ecossistemas inteiros e até de parte substancial dos grandes biomas (florestas) vem colocando em risco o equilíbrio entre inúmeros agentes patogênicos e seus reservatórios naturais (vide o caso da Peste Negra nos séculos XIV e XX), provocando o recrudescimento de velhas doenças e fazendo com que outras possam emergir, com o perigo de um efeito devastador, posto que o mundo conta, agora, com mais de sete bilhões de seres humanos.

Meta 8 - Estabelecer uma Parceria Mundial para o Desenvolvimento, pensando na melhoria da saúde da população mundial significa: abolir o efeito nefasto das dívidas dos países pobres para com os ricos, tornar o comércio internacional mais justo, baratear o preço de remédios patenteados pelas multinacionais e ampliar, de forma equitativa e em todos os níveis, as oportunidades de educação, trabalho, moradia, alimentação e lazer.

2) RESPOSTA

Não. Neste trabalho o que está sendo estudado é apenas a herança da habilidade de sair de labirintos e não da inteligência, ou seja, apenas um aspecto do fenômeno e não o fenômeno global da inteligência. Isto porque a inteligência é uma característica complexa e a sua definição ambígua: O que vem a ser inteligência? Esta pergunta indica a ambiguidade envolvida na definição de uma característica complexa como a inteligência. O fato de

que podemos medir determinadas manifestações de um fenômeno não define o fenômeno. Nos estudos de genética da inteligência, ela é definida como aquilo que os testes de QI medem. E se perguntarmos, por outro lado: o que mede um teste de QI? Obteremos a resposta: inteligência! A medida do fenômeno, neste caso, passa a definir o próprio fenômeno. Mesmo que os problemas de definição apontados acima pudessem ser resolvidos, ainda assim o estudo da herança da inteligência não seria uma tarefa simples. Na base genética desta característica (não na sua determinação), devem estar envolvidos mais de um loco, com pelo menos dois alelos em cada um deles, o que aumenta consideravelmente a complexidade do problema, já que nesta situação são esperadas as mais diversas interações entre os genes e entre os locos envolvidos.