

**JC010 – Filosofia da Ciência – 1º semestre de 2020****Prof. Silvio S. Chibeni*****Tarefa 7 – Compilação de algumas das respostas dos alunos (foram selecionados trechos ou a resposta inteira)*****Student 1 (Pasteur: heterogenia X biogenia)**

O biólogo Louis Pasteur é universalmente reconhecido por suas contribuições para a microbiologia e para a química do século XIX. Alguns dos temas principais sobre os quais o cientista se debruçou ao longo de sua carreira incluem a reprodução de micro-organismos, seu papel na fermentação alcoólica de suco de beterraba e as teorias explanatórias da origem da vida (STOKES, 2005). Como observam Crudeli e Viana (2018) ao analisar as representações dos trabalhos do cientista em questão em livros didáticos voltados ao ensino médio, o episódio mais conhecido de sua trajetória refere-se a sua participação na controvérsia relativa à origem da vida, problema que dividia a comunidade científica do período.

A teoria conhecida como abiogênese, geração espontânea ou heterogenia defendia a possibilidade de formação de seres vivos a partir da matéria inerte. Exponentes de diferentes versões dessa ideia geral ao longo da história incluem Aristóteles, Avicena, Bacon e Kirschner. Na França do século XIX, seu mais conhecido expoente era o naturalista Félix Pouchet, para quem o surgimento da vida poderia se dar a partir de "uma força plástica ou vegetativa, que existia no ar e que fazia com que a matéria existente em putrefação se organizasse" (MARTINS; MARTINS, 1989, p. 13). Seus experimentos ofereciam evidências favoráveis a essa tese: ao analisar as poeiras do ar de diferentes lugares, por exemplo, encontrava quantidades extremamente reduzidas ou mesmo a ausência de ovos de microzoários. Em síntese, a conjunção entre matéria orgânica putrescível, água e ar oferecia condições suficientes para a formação da vida (H1). A implicação era de que tal conjunção (C) sempre resultaria no aparecimento de novos seres vivos (E1).

A alternativa à heterogenia era conhecida como biogênese e defendia que a vida somente poderia se originar a partir de outros seres vivos. Essa hipótese também era conhecida como panspermia, uma vez que defendia a presença ubíqua de germes ou ovos de germes no ar, os quais, por meio de contaminação, explicariam o

aparecimento de seres vivos nas infusões de material orgânico utilizadas nos experimentos sobre o tema. A versão dessa teoria a rivalizar com a abiogênese é denominada por Martins e Martins (1989, p. 17) como “panspermia limitada”. A hipótese era de que a conjunção supracitada não era suficiente para o surgimento da vida: era preciso que o ar contivesse germes (H2). Sua implicação, portanto, era de que a conjunção C nem sempre resultaria no aparecimento de novos seres vivos. Especificamente, se o ar em questão estivesse purificado de micróbios, não se deveria observar o aparecimento de microorganismos (E2).

Do ponto de vista experimental, portanto, o fator decisivo se torna a qualidade do ar a ser congregado à água e à infusão orgânica. Tem-se, então:

Abiogênese (H1): Ar sem germes + Água e infusão orgânica (C) → Vida (E1)

Biogênese (H2): Ar sem germes + Água e infusão orgânica (C) → Não-vida (E2)

No experimento conhecido como pescoço de cisne, Pasteur empreendeu essa testagem ao ferver líquidos putrescíveis (urina ou água com claras de ovos, por exemplo) em balões de gargalos alongados com lâmpadas para preenchê-los com vapor de água a baixa pressão. A seguir, quebrava-se a extremidade dos balões para que o ar penetrasse e fechava-se novamente e levava-se os balões para a estufa a fim de aguardar os resultados. Pasteur notou que o aparecimento de vida variava, ocorrendo em alguns balões e noutros não, além de variar em função do local onde o ar era coletado. Essas evidências contrariavam a hipótese da geração espontânea, que não podia explicar por que a vida não surgia em alguns dos balões.

É preciso notar, contudo, que o experimento pasteuriano não resultou na derrocada definitiva do pensamento heterogenista. Pelo contrário, Martins e Martins (1989) e Collins e Pinch (2003) observam que os experimentos pasteurianos foram repetidos pelos defensores da heterogenia (episódio conhecido como experimento da Montanha Maladetta), com resultados favoráveis à abiogênese (micróbios surgiram em todos os balões). Pasteur rejeitou tais resultados, acusando-os de incompetência metodológica e de má-condução do experimento.

Em todo o caso, no período subsequente à controvérsia experimental, a Academia de Ciências de Paris acaba produzindo uma série de avaliações favoráveis à posição pasteuriana. Destaca-se, a esse respeito, a composição católica das comissões avaliadoras criadas pela Academia e a associação entre ateísmo, ideário revolucionário e heterogenia no contexto do conservadorismo napoleônico em que o conflito se desenvolveu (CRUDELI; VIANA, 2018). Conclui-se, portanto, que embora os fatores cognitivos tenham sido importantíssimos para o desenrolar da controvérsia, ela foi impactada igualmente por questões culturais, religiosas e políticas do período.

### Referências

COLLINS, Harry; PINCH, Trevor. **O Golem**: o que você deveria saber sobre ciência. São Paulo: UNESP, 2003.

CRUDELI, R. B. ; VIANA, H. E. B. . Pasteur nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio aprovados no PNLD: uma análise histórica sobre a abordagem da origem da vida e o metabolismo. **HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO: CONSTRUINDO INTERFACES** , v. 18, p. 23-35, 2018

STOKES, D. **O Quadrante de Pasteur** – a ciência básica e a inovação tecnológica. Clássicos da Inovação. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

MARTINS, L. A. P.; MARTINS, R. A. Geração espontânea: dois pontos de vista. **Perspicillum**, v. 3, n. 1, p.5-32, 1989.

### Student 2 (Lei da hereditariedade de Mendel)

De acordo com Astrauskas e Nagashima (2009), assim como diversos cientistas, Mendel só teve sua teoria reconhecida após a sua morte, quando os cientistas botânicos Hugo de Vries, Carl Correns e Eric von TshermakSeysenegg, em 1900, 35 anos após sua morte, redescobriram a publicação de Mendel.

De acordo com Snustad e Simmons (2001), conforme citado por Astraukas e Nagashima (2009), Mendel obteve sucesso a partir de experiências realizadas em ervilhas da espécie *Pisum Sativum*, que possui pétalas que se fecham firmemente, de forma que nenhum grão de pólen consiga entrar e sair de maneira fácil. Esse fato faz com que haja a autofertilização, tornando a planta geneticamente pura, com quase nenhuma variação genética.

Dessa forma, Mendel conseguiu obter algumas variedades puras de ervilhas, que se diferenciavam das outras através de algumas características, tais como cor

das sementes e tamanho, como explica Amabis e Martho (1990), citadas por Astrauskas e Nagashima (2009).

Sendo assim, foi possível que Mendel testasse sua hipótese de que as características genéticas eram passadas de forma hereditária e caso essa hipótese fosse verdadeira, o cruzamento dessas plantas puras de variedades diferentes implicaria em plantas com características misturadas dessas duas primeiras. Tendo como base o livro de Hempel (1966), essa seria a estrutura do argumento:  $H \rightarrow I$ .

Como experimento, Mendel cruzou plantas altas e baixas, para descobrir se a altura era hereditária. Então a hipótese é de que a altura é uma característica hereditária e, caso a hipótese seja confirmada pelo experimento de cruzamento, implicaria em uma variabilidade de plantas altas e baixas. Após realizar o experimento, Mendel constatou que as plantas híbridas decorrentes do cruzamento foram todas altas. Falseando sua hipótese, de acordo com o *modus tollens*.  $I$  é falsa, então a hipótese também seria. Porém, uma hipótese auxiliar poderia ainda salvar o argumento. Adotou então a hipótese de que a autofertilização das plantas híbridas implicaria na variabilidade de altura entre seus descendentes. Após realizar o cruzamento das duas plantas, foi constatado que havia uma proporção de três plantas altas para uma baixa. De acordo com Snustad e Simmons (2001), conforme citado por Astraukas e Nagashima (2009), Mendel atribuiu a esse fenômeno os nomes de recessivo e dominante. Além das características de altura, ele também realizou experimentos com a textura de semente, cor de semente, forma de vagem, cor de vagem, cor de flor e posição da flor.

Ainda no texto de Astraukas e Nagashima (2009), citando Amabis e Martho (1990), afirma-se que Mendel percebeu que no cruzamento monoíbrido, ou seja, entre plantas que só diferem uma característica uma da outra, apenas uma característica aparecia em nos híbridos, e após eles se autofertilizarem, as duas características apareciam, em proporções de 3:1. Sendo assim, o dominante seria a característica que aparecia mais vezes e o recessivo a que aparecia menos vezes. De acordo com Leite, Ferrari e Delizoicov (2011), citando Freire-Maia (1995) e Mayr (1998), estimulado por um famoso botânico chamado Nägeli, Mendel realizou seus experimentos com chicória (*Hieracium*), mas obteve resultados incompatíveis com sua própria teoria. Mas isso se deu ao fato de que a chicória se reproduz por partenogênese, o que ele não sabia. Esse resultado negativo fez com que ele abandonasse seu trabalho com cruzamento.

Isso nos leva ao capítulo 4 de Hempel (1966), sobre critério de aceitação e variabilidade, tendo sido falseada no critério de variabilidade, já que ao variar a espécie de planta no experimento o resultado não foi satisfatório. Porém, futuramente a hipótese volta a ser válida, visto que esse tipo de planta que foi testada é uma exceção, já que ela só possui a capacidade de se autorreproduzir, não sendo possível a realização do experimento de forma efetiva.

### **Referências**

ASTRAUSKAS, J. P.; NAGASHIMA, J. C. As Leis da Herança por Gregor Johann Mendel, uma Revolução Genética. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, ano VII, n. 13, p. 2ss, jul. 2009.

HEMPEL, C. **Philosophy of natural science**. New Jersey: Prentice-Hall, 1966.

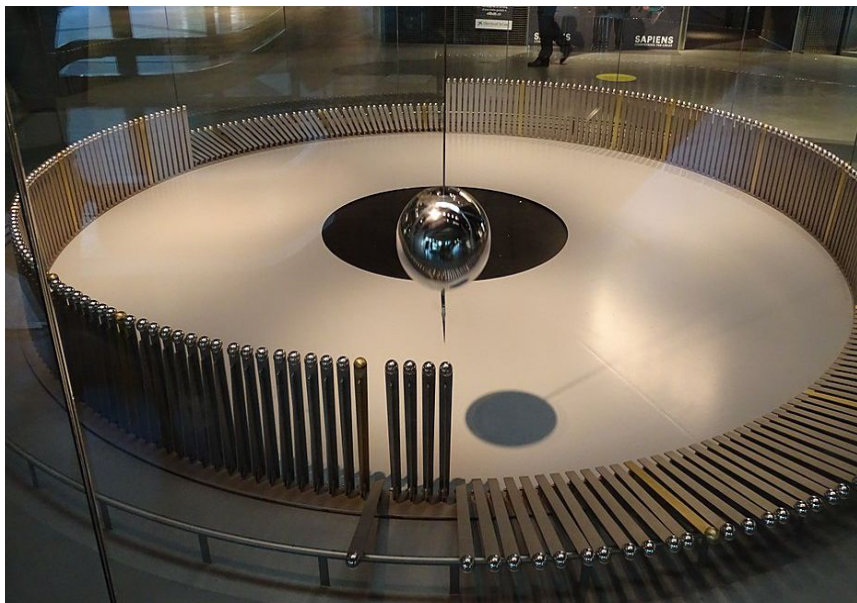
LEITE, R. C. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva Fleckiana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 2, 28 nov. 2011.

### **Student 3 (com acertos do prof): O pêndulo de Foucault e a hipótese da rotação da Terra**

Nesta tarefa, primeiramente apresentarei o experimento científico conhecido como *pêndulo de Foucault* (conforme descrito em Crease, 2006) e, em seguida, o discutirei com base nos esquemas e explicações dos capítulos 2, 3 e 4 do livro de Hempel.

Em 1851, o francês Léon Foucault criou um experimento muito simples que permite a confirmação empírica da hipótese de que a Terra gira em torno de seu próprio eixo. No experimento do Panteão de Paris, Foucault pendurou um pêndulo de 30 quilos a um comprido fio de aço de 67 metros de comprimento, colocou a ponta de uma caneta na parte inferior do pêndulo, e espalhou areia no chão abaixo do pêndulo. Então ele deu início ao movimento do pêndulo com muito cuidado, para que ele mantivesse a mesma direção de movimento no plano vertical. Após alguns minutos, os espectadores perceberam que as linhas deixadas na areia pela ponta da caneta devido ao movimento do pêndulo não se sobrepunham umas às outras, havendo um pequeno espaço entre elas. A impressão inicial é que o pêndulo estava se rotacionando (mudando de direção no plano vertical). Mas isso não era possível, pois nenhuma força adicional tinha sido aplicada ao pêndulo – ou seja, por inércia, seu movimento não seria alterado a não ser que se lhe aplicasse alguma força. A

explicação do fenômeno observado é que não é o pêndulo que se rotaciona, mas o próprio chão do Panteão, ou melhor dizendo, a própria Terra.



Utilizando os esquemas propostos por Hempel no capítulo 2, temos:

**H** (hipótese): A Terra gira em torno de seu próprio eixo (rotação).

**HA<sub>1</sub>** (hipótese auxiliar): 1ª lei de Newton (inércia).

**C** (condições experimentais): Um pêndulo, pendurado por um cabo de aço perfeitamente reto (sem nenhum tipo de torção), colocado em movimento de modo que se lhe aplique um único vetor perpendicular de força no plano vertical.

**E** (acontecimento de certa espécie): o balanço do pêndulo aparentará mudar de direção no plano horizontal ao longo do tempo; haverá um espaçamento entre as marcas feitas pela caneta na areia no chão.

**I** (implicação de teste): construído o pêndulo e posto em movimento como descrito acima ele irá mudar de direção no plano vertical ao longo do tempo.

Neste caso, o teste resultou na confirmação não dedutiva do conjunto **H** + **HA<sub>1</sub>**, com a seguinte inferência:

$$\begin{array}{c} (H \wedge HA_1) \rightarrow I \\ \hline I \\ (H \wedge HA_1) \end{array}$$

Em outras palavras: na condição **C**, se observa que as linhas marcadas na areia pelo movimento do pêndulo não se sobrepõem. Com o apoio de **HA<sub>1</sub>**, sabemos que essa aparente mudança de direção do movimento do pêndulo no plano

horizontal não passa de uma aparência, pois se nenhuma força foi aplicada ao pêndulo após o movimento inicial, ele não poderia ter sua direção alterada. Desse modo, confirma-se a hipótese de que a Terra gira em torno de seu próprio eixo. Não é o pêndulo que muda de direção, mas o próprio chão abaixo do pêndulo. Eis uma confirmação direta para a hipótese. Nota-se que neste teste o apoio da hipótese auxiliar é crucial. Sim, mas seu papel seria mais relevante caso I tivesse sido falseada pela observação. Poderia ter considerado esse caso, fictício, para ilustrar o assunto da refutação com hipóteses auxiliares. É porque assumimos com segurança (devido a testes anteriores) que a 1ª Lei de Newton é verdadeira que concluímos que é a Terra que gira embaixo do pêndulo, e não de que ele muda de direção no plano horizontal.

*(Prof: A resposta poderia ter parado aqui; mas o que se segue também é pertinente.)*

Neste caso também as condições experimentais **C** do teste em questão podem receber o status de hipótese auxiliar. O experimento só confirma a hipótese se o pêndulo for posto em movimento de modo que não se aplique vetores de força de diferentes direções (o que afetaria o movimento do pêndulo e a precisão do experimento). A precisão nas condições experimentais é, nota-se, crucial para a confirmação da hipótese. Certo.

A hipótese de Foucault também pode ser confirmada com as mudanças propostas por Hempel na seção 4.1. A *quantidade* de vezes que se pode repetir tal experimento é ilimitada, variando a localização, o peso do pêndulo, comprimento do fio de aço, material de que é feito o cabo, temperatura ambiente, pressão atmosférica, etc. {Prof: Só que o experimento foi feito uma vez e isso bastou (depois foi repetido, claro, mas por outras razões, p. ex. pedagógicas).} De fato, a *variedade* de locais em que se pode realizar esse experimento permite, por meio de uma equação (a chamada *lei do seno*), calcular a latitude do local em função do tempo em que o plano abaixo do pêndulo realiza uma volta completa. Nos polos ela é de aproximadamente 24 horas. Em Paris, cerca de 32 horas, girando à taxa de 11 graus por hora. Essa característica do experimento de Foucault (calcular a latitude do local usando a lei de seno) garante uma significativa *precisão* (no sentido do termo na seção 4.1) ao teste. A hipótese de que a Terra gira em torno de seu próprio eixo também pode ser verificada “por novas implicações”. Por exemplo: quando se realiza o experimento no hemisfério norte, o chão abaixo do pêndulo gira no sentido

horário; quando se realiza no hemisfério sul, gira no sentido anti-horário. Isso se explica pela chamada *Força Inercial de Coriolis*, a qual só se faz presente exatamente porque a Terra gira em torno de seu próprio eixo.

Nos termos discutidos por Hempel na seção 4.3, podemos dizer também que a hipótese da rotação da Terra também já tinha apoio do tipo teórico, desde Copérnico com a teoria heliocêntrica: uma vez que se aceite que a Terra gira em torno do Sol, a hipótese de que ela também gira em torno de seu próprio eixo parece ser a única explicação razoável para a diferença entre dias e noites.

### **Bibliografia**

Crease, Robert. P. *Os dez mais belos experimentos científicos*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 2006.

[https://www.brown.edu/Departments/Italian\\_Studies/n2k/visibility/Alison\\_Errico/Soft%20Moon/pendulum.html](https://www.brown.edu/Departments/Italian_Studies/n2k/visibility/Alison_Errico/Soft%20Moon/pendulum.html)

<https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/how-does-foucaults-pendulum-prove-earth-rotates-180968024/> (Fonte da Figura 1)

<https://www.britannica.com/science/Foucault-pendulum>

<https://www.geophysik.uni-muenchen.de/outreach/foucault-pendulum>

<https://www.youtube.com/watch?v=b14I3-A8iUQ> (Time-lapse de um pêndulo de Foucault)

<https://www.nytimes.com/2002/09/24/science/here-they-are-science-s-10-most-beautiful-experiments.html?pagewanted=all&src=pm>

8-8-8-8-8-8-8-8