



Ciência em Questão: Avaliando o Papel das Hipóteses Auxiliares na Validade das Teorias Científicas – Uma Análise do Caso da Transferência Química de Memória*

Science in Question: Evaluating the Role of Auxiliary Hypotheses in the Validity of Scientific Theories – An Analysis of the Case of Chemical Memory Transfer

Newton da Costa Jr¹
Vanessa Martins Valcanover²

Resumo

Rejeitar uma teoria ou hipótese científica não é tão simples como se pensa. A condução de um teste experimental de uma teoria requer a utilização de diversas hipóteses auxiliares para adequar a teoria ou hipótese às evidências. Nunca se pode ter certeza de que é realmente a teoria e não uma hipótese auxiliar, que é a causa da falsificação do experimento. Este é o denominado problema ou tese de Duhem-Quine, tema pouco conhecido entre estudantes com interesse em ciências experimentais. Este artigo tem como objetivo examinar o papel das hipóteses auxiliares ao analisar como o problema de Duhem-Quine impacta a validade das teorias científicas. Para ilustrar esse conceito, o artigo analisa criticamente o experimento sobre a transferência de memória em planárias, conduzido pelo biólogo norte americano James McConnell. Apesar do cuidado de McConnell em criar uma grande variedade de grupos e procedimentos de controle em seus experimentos, identificamos que muitas hipóteses auxiliares possivelmente não foram consideradas, não ficando claro se a não consolidação dos resultados se deve à inveracidade da hipótese de transferência de memória, ou se uma das hipóteses auxiliares estava incorreta ou não foi adequadamente controlada. Por fim, mostramos como o problema de Duhem-Quine pode ampliar a visão das pessoas sobre ciências e o papel dos testes experimentais de novas hipóteses e teorias.

Palavras-chave: Ciências experimentais. Tese de Duhem-Quine. Transferência de memória.

*Submetido em 18/07/2023 - Aceito em 01/05/2024.

¹Doutor em Administração pela Fundação Getúlio Vargas (EAESP/FGV), Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGAdm/UFSC) e do Programa de Pós-Graduação em Administração da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPAD/PUCPR), Brasil– ncaejr@gmail.com

²Doutora em Administração pelo Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGAdm/UFSC), Brasil– vanessamvalcanover@gmail.com

Abstract

Rejecting a scientific theory or hypothesis is not as simple as one might think. The experimental testing of a theory requires several "auxiliary hypotheses" to "fit" the theory or hypothesis to the evidence. One can never be sure if it is a given theory rather than some auxiliary hypothesis that the experiment has falsified. This is the so-called Duhem-Quine problem or thesis, a topic not familiar among students interested in experimental science. The objective of this article is to examine the role of auxiliary hypotheses in analyzing how the Duhem-Quine problem impacts the validity of scientific theories. To illustrate this concept, the article critically analyses the experiment on memory transfer by the American biologist James McConnell. Despite McConnell's care in creating a wide variety of groups and control procedures in his experiments, we identified that many auxiliary hypotheses may not have been considered, making it unclear whether the non-consolidation of results is due to the untruth of the memory transfer hypothesis or if one of the auxiliary hypotheses was incorrect or not adequately controlled. Lastly, we show how the Duhem-Quine problem can broaden people's view of science and the role of experimental tests of new hypotheses and theories.

Keywords: Experimental sciences. Duhem-Quine thesis. Memory transfer.

1 INTRODUÇÃO

O campo das ciências experimentais, em sua abrangência e profundidade, apresenta uma série de questionamentos fundamentais que resistem a respostas claras e definitivas. Como funcionam as ciências experimentais? Qual é a origem de uma teoria científica? Como uma teoria é finalmente suplantada ou refutada? Embora as respostas a estas perguntas sejam complexas, elas são importantes para entender a nossa busca pelo conhecimento e desvendar a realidade. Talvez, uma forma de se tentar compreender melhor estas questões seria visitar um laboratório, onde cientistas estão trabalhando com seus instrumentos sofisticados, com o objetivo de testar as previsões de uma teoria ou de uma hipótese, tentando, assim, confirmar ou contestar determinado modelo teórico.

Neste artigo, buscamos mostrar que a questão de dar suporte ou de refutar uma teoria ou uma hipótese em ciências é um processo que não é tão direto quanto se pode, inicialmente, imaginar. As ciências naturais, por assim dizer, não são como a Matemática, pois essa usa a lógica para entender e comprovar relações entre quantidades e objetos que podem não se relacionar com fenômenos reais, enquanto as ciências naturais estão preocupadas com a investigação da realidade material, que se revela repleta de incertezas e complexidades.

Para atingir nosso objetivo, abordaremos o problema de Duhem-Quine, que levanta questões sobre a possibilidade de se verificar uma teoria sem levar em conta todo o contexto em que ela está inserida. Essa perspectiva enfatiza a complexidade inerente da ciência e propõe que as teorias não podem ser avaliadas de maneira isolada, mas devem ser vistas como parte de uma rede interconectada de crenças e hipóteses (DUHEM, 1991; QUINE, 1992; GUALA, 2005; SZALEK, 2020).

Como pano de fundo dessa discussão sobre ciência e a validade de suas teorias, descrevemos um experimento famoso e seu impacto tanto dentro quanto fora da comunidade científica: a transferência química de memória em planárias (COLLINS; PINCH, 2010; DEOCHAND; COSTELLO; DEOCHAND, 2018). Este experimento serve como um exemplo para várias das questões que vamos analisar, incluindo a função dos experimentos na ciência, as dificuldades em verificar hipóteses e teorias e o problema de Duhem-Quine.

O artigo está organizado em cinco partes, sendo esta introdução a primeira delas. Na segunda parte, apresentamos detalhadamente a tese de Duhem-Quine, enquanto na terceira parte temos a exposição do experimento de transferência química de memória, desenvolvido pelo biólogo James McConnell. Na quarta parte, realizamos uma análise dos experimentos de McConnell pela ótica do problema de Duhem-Quine, mostrando como o problema de Duhem-Quine pode ajudar a elucidar, ou até mesmo deixar mais complexa, nossa compreensão de como a ciência funciona. Por fim, na quinta parte, temos o encerramento do estudo, com a apresentação de nossas considerações finais. Essa exploração nos levará por uma trilha de descobertas e desafios, permitindo uma compreensão mais profunda do processo científico e seus mecanismos subjacentes.

2 O PROBLEMA DE DUHEM-QUINE

O problema de Duhem-Quine, originada pelos pensadores Pierre Duhem e W. V. O. Quine, diz respeito a não se poder testar uma hipótese de forma isolada, mas apenas como parte de um complexo sistema teórico. Quine (1951) lança dúvidas sobre a possibilidade de verificar a verdade de proposições isoladas sem depender de um conjunto de hipóteses interconectadas. Em outras palavras, quando uma hipótese está sendo testada, todas as hipóteses auxiliares que ajudam a contextualizar a hipótese principal estão sendo implicitamente testadas também. Qualquer teste de uma hipótese específica requer hipóteses auxiliares, muitas vezes fora da teoria em questão, necessárias para interpretar as observações utilizadas como uma prova da hipótese principal. E, muitas vezes, se a hipótese principal falha no teste, não fica claro qual hipótese – a principal ou uma das auxiliares – é responsável pelo insucesso. Essas hipóteses auxiliares têm vários nomes: condições iniciais, cláusula *ceteris paribus*, informações de fundo, entre outras (GUALA, 2005; SZALEK, 2020).

Além do mais, conforme Guala (2005), experimentos nas ciências naturais envolvem o uso de aparelhos muito sofisticados. Alguns instrumentos são necessários para observar objetos que são muito pequenos ou muito distantes para serem detectados a olho nu. Outros instrumentos são usados para criar condições especiais para a experiência (como, por exemplo, câmaras de bolhas e aceleradores de partículas), outros, ainda, para intervir no material em questão (lasers, reatores químicos). Esses instrumentos acrescentam complexidade à inferência sobre o fenômeno a ser observado. Como teremos certeza de que o que estamos observando não é um produto do próprio instrumento, ou seja, um artefato?

No caso do experimento, para se testar a hipótese referente à deflexão da luz, previsto pela teoria da relatividade geral de Einstein, deve-se levar em conta, além da hipótese principal de deflexão gravitacional da luz nas proximidades de massas gigantescas, uma série de hipóteses auxiliares: a órbita da Terra em torno do Sol; o movimento do Sol e da Terra em relação às estrelas; a dilatação dos materiais que compõem os instrumentos utilizados (metais, plásticos, lentes, espelhos e chapas fotográficas); o efeito da refração da luz ao passar pela atmosfera da Terra e pela “atmosfera” ou coroa solar; e até mesmo os efeitos de vieses psicológicos (EARMAN; GLYMOUR, 1980; HENRION; FISCHHOFF, 1986; COLLINS; PINCH, 2010).

Para melhor compreender o problema das hipóteses auxiliares em experimentos, de maneira resumida, apresentamos as formulações lógicas de uma argumentação “tradicional”, e em seguida, as formulações adotando o ponto de vista de Duhem-Quine, com alguns exemplos.

Com base em Guala (2005) e Szalek (2020), podemos esquematizar a tese de Duhem-Quine rememorando o modelo hipotético-dedutivo de argumentação proposto pelo filósofo da ciência, Karl Popper. Popper (1959) propôs o princípio da falsificação, que é uma maneira de separar a ciência da não ciência. Ele sugere que, para uma teoria ser considerada científica, ela deve ser capaz de ser testada e, concebivelmente, provada como falsa. Por exemplo, a hipótese de que “todos os cisnes são brancos”, pode ser falseada pela observação de um único cisne negro, neste caso, a proposição “todos os cisnes são brancos” seria falsa.

O raciocínio dos cientistas sobre este ponto de vista tem a seguinte forma lógica:

Esquema A (refutação da hipótese): $[(H \rightarrow O) \& \sim O] \vdash \sim H$

Esquema B (confirmação da hipótese): $[(H \rightarrow O) \& O] \vdash$ mais provável H

Os dois esquemas acima (A e B) são denominados de argumentos, que por sua vez são formados por premissas ou proposições. Nestes dois casos, cada um dos argumentos é composto por duas premissas e uma conclusão. As duas premissas, no caso do Esquema A, estão entre colchetes - Premissa 1: $(H \rightarrow O)$ e Premissa 2: $\sim O$ - e a Conclusão: $\sim H$, esta última vem após o símbolo de conclusão “ \vdash ”, sendo “ \sim ” o símbolo de negação.

O argumento representado pelo esquema A apresenta o seguinte raciocínio: se, de uma dada hipótese, H (e.g.: todos os cisnes são brancos), forem previstas evidências observáveis, O (observar um cisne branco) e a previsão se revelar falsa, $\sim O$ (observar um cisne negro), então, estaria implícito que a hipótese alvo deduzida da previsão é falsa ($\sim H$), que é a conclusão. Nesse esquema, a conclusão segue logicamente as premissas, sendo um tipo válido de inferência dedutiva.

No argumento representado pelo esquema B, não podemos usar uma simples lógica dedutiva para concluir que H é verdadeira, com base nas duas premissas. Só podemos concluir que H é mais provável. Podemos dizer que a observação O confirma ou dá suporte a H, sendo necessário novos experimentos para tornar H mais provável, mas nunca devemos concluir que H está confirmada como verdadeira.

Agora, voltando ao problema de Duhem-Quine, o formato acima não é uma forma factual do raciocínio científico encontrado na ciência. Ao invés disso, quando uma teoria é testada, não é o caso de haver apenas a teoria como uma única hipótese. Na verdade, uma teoria se baseia em muitas suposições e regras de inferências. Assim, se acrescentarmos as hipóteses auxiliares ($A=A_1, A_2, \dots, A_n$) nos argumentos acima, esquematicamente teremos:

Esquema A* (refutação): $[(H \& A \rightarrow O) \& \sim O] \vdash \sim (H \& A)$

Esquema B* (confirmação): $[(H \& A \rightarrow O) \& O] \vdash$ mais provável $(H \& A)$

Observe que o esquema A* não é mais dedutivo, não se pode concluir que H é falsa. A única coisa que se pode concluir é que ou H ou A ou as duas são falsas. Quanto ao esquema B*, como anteriormente, só podemos dizer que a observação O confirma ou dá suporte a H & A. Aqui, encerramos a descrição da tese de Duhem-Quine e partimos para a apresentação dos experimentos com planárias, conduzidos por James McConnell.

3 TRANSFERÊNCIA QUÍMICA DE MEMÓRIA

A descrição que se segue é fundamentada em uma compilação de estudos e análises contidas nas obras de Collins e Pinch (2010), Colaço (2018) e Deochand, Costello e Deochand (2018). Essas obras são de grande relevância para aqueles que se propõem a entender a aplicação e interação da ciência com a realidade do mundo fenomênico. Notavelmente, o trabalho de

Collins e Pinch (2010) é um recurso inestimável para os indivíduos interessados em aprofundar seus conhecimentos no campo da ciência experimental e nas nuances das teorias científicas. Suas abordagens acerca da transferência química de memória proporcionam um entendimento robusto e uma perspectiva enriquecedora, que, sem dúvida, expande o alcance do pensamento crítico e da compreensão científica.

De acordo com Katz e Halstead (1950), em meados do século XX, havia a controvérsia sobre como o comportamento aprendido é codificado e armazenado no cérebro, se na forma de compostos químicos específicos ou armazenado em impulsos elétricos específicos. Na tentativa de resolver este problema, entre os anos 1950 e 1970, o biólogo e psicólogo animal norte americano James McConnell e o neurobiologista norte americano, de origem húngara, Georges Ungar, de forma independente, realizaram uma série de famosos e controversos experimentos para mostrar que era possível a transferência química de memória entre planárias de água doce (um tipo de verme do filo platelminto) e entre ratos (MCCONNELL, 1962; UNGAR; DESIDERIO; PARR, 1972).

Conforme Collins e Pinch (2010), inicialmente, McConnell conduziu experimentos que visavam transferir a memória de planárias treinadas para planárias não treinadas. Através de um típico condicionamento no estilo Pavlov, ele submeteu as planárias, que nadavam numa calha de 25 centímetros de comprimento e de seção semicircular, a choques elétricos quando estivessem na presença de luz. Após várias repetições, elas aprenderam a reagir contraindo-se e mudando de direção apenas quando estimuladas pela luz, mesmo sem sofrer choque algum. Isso, por si só, já seria um feito extraordinário, pois McConnell mostrou que um verme com alguns poucos neurônios é capaz de aprender.

O biólogo não parou por aí. Ele sabia que vermes do tipo planária têm uma grande capacidade de regeneração e, portanto, se qualquer parte do corpo dos vermes fosse cortada, em poucos dias eles estariam regenerados. McConnell, então, cortou as planárias treinadas em duas partes para verificar se as planárias originadas da parte superior, que deveriam conter o suposto cérebro do verme, manteriam o comportamento das planárias “mães”, treinadas, conforme relatam Hartry, Keith-Lee e Morton (1964) e Deochand, Costello e Deochand (2018).

Para sua surpresa, tanto as planárias geradas a partir da parte superior como as geradas a partir da parte inferior do corpo da planária treinada retiveram o comportamento original de se contrair e mudar de direção só na presença de luz. Isso fez McConnell pensar que, de alguma maneira, a memória do treinamento ficou distribuída em todo o corpo da planária, e que, talvez, esse “treinamento” ficasse armazenado quimicamente. Logo, o biólogo assumiu que a memória poderia ser transmitida de um indivíduo para outro através desse composto químico (COLLINS; PINCH, 2010).

No passo seguinte, McConnell tentou transferir a memória do treinamento através do enxerto de partes de planárias treinadas para as não treinadas, o que não deu certo. Então, o biólogo usou uma subespécie de planária canibal, em um experimento que analisou se uma planária sem treinamento receberia o aprendizado se fosse alimentada de porções picadas de carne de planárias treinadas (HARTRY; KEITH-LEE; MORTON, 1964; COLLINS; PINCH,

2010).

O experimento foi bem-sucedido e os resultados publicados no *Journal of Neuropsychiatry*, em 1962. McConnell mostrou que as planárias que ingeriram “carne treinada” tinham cerca de uma vez e meia mais probabilidade de se contrair ou mudar de direção quando submetidas à luz, do que as planárias pertencentes ao grupo de controle. O fato de a memória poder ser transmitida de um indivíduo a outro trouxe enorme visibilidade ao experimento, causando, ainda, uma enxurrada de críticas: apesar de simples, poucos cientistas conseguiam obter o mesmo resultado.

Por outro lado, a aparente facilidade de se realizar o experimento fez com que o biólogo fosse um sucesso entre alunos de High Schools norte americanas que escreveram a McConnell pedindo orientações sobre o experimento para apresentá-los em suas feiras de ciência. Não é positivo, necessariamente, ter alunos do ensino médio repetindo seus experimentos, pois isso pode dar um tom de pouca seriedade a eles. Ainda pior, torna mais difícil do que o normal separar o trabalho científico sério e cuidadoso daquele descuidado e feito sem muito rigor.

Nesse ponto, seria bom explicar com mais detalhes o comportamento das planárias e as dificuldades encontradas para a validade dos experimentos. Na verdade, conforme descrevem Collins e Pinch (2010), “as planárias costumam contrair-se e mudar de direção de tempos em tempos mesmo quando são deixadas sozinhas, sem nenhum estímulo. E elas se contraem e mudam de direção em resposta a outros estímulos além da luz”.

Assim, para treinar as planárias, McConnell tinha, primeiro, que descobrir o nível de luz ideal, que fosse brilhante o suficiente para que as planárias percebessem a luz, mas que não fosse tão brilhante que as fizessem se contrair ou mudar de direção sem o choque elétrico. O ponto mais delicado é que a eficácia do treinamento de choque depende de a planária não estar contraída no exato momento do choque. Portanto, para treinar bem os vermes, é necessário observá-los cuidadosamente e ministrar os estímulos de choque somente quando eles estão nadando calmamente. Enfim, como o comportamento destes vermes varia de tempos em tempos e de indivíduo para indivíduo, entramos na área da Estatística, em vez de dizer sim ou não sem ambiguidade.

Entre os vários argumentos que contestavam os resultados obtidos por McConnell, o principal foi a existência de um número enorme de *confounding variables*. Essas são variáveis, muitas vezes desconhecidas, que estariam relacionadas tanto à variável dependente como às variáveis independentes e que podem atrapalhar ou confundir a detecção de uma possível relação de causa e efeito.

Por exemplo, as planárias produzem limo à medida que deslizam no fundo da água. Talvez, algumas planárias mais nervosas, que se contraem e mudam de direção com mais frequência, prefiram nadar em áreas com limo que tenham sido frequentadas por outras planárias, não porque foram treinadas para tal. Diversas outras variáveis foram citadas como possíveis causas nas discrepâncias dos resultados dos experimentos. Segundo Collins e Pinch (2010), chegou-se a contabilizar até 70 variáveis que poderiam trazer discrepâncias nos resultados dos experimentos. Entre essas *confounding variables*, podemos citar a espécie e o tamanho das planárias,

a maneira como as planárias foram alojadas quando não estavam em treinamento – se foi no escuro ou na luz, o tipo de alimentação, a frequência do treinamento, a temperatura e até a orientação das calhas de treinamento em relação ao campo magnético da Terra.

Todas essas variáveis deram amplo espaço para acusações e contra-acusações, pois os resultados pareciam depender da habilidade do experimentador. Isto pode acontecer, pois quanto maior o número de variáveis potenciais, mais difícil é decidir se um experimento realmente replica as condições de outro, se podem ser comparáveis.

A controvérsia se amenizou temporariamente quando Georges Ungar, no final dos anos 1960, iniciou seus experimentos de transferência de memória usando ratos. Esse tipo de mamífero é bastante usado em laboratórios de biologia e psicologia, justificando sua maior receptibilidade pela comunidade científica. Ungar treinou seus ratos para escolher entrar num compartimento iluminado em vez de um escuro. Ratos, que no seu comportamento natural preferem entrar num compartimento escuro, recebiam choques e rapidamente aprenderam a evitar o escuro. A busca de Ungar era por uma substância química associada ao “medo do escuro”, que seria produzida pelos ratos, e que ele denominou de *scotophobin* (UNGAR; DESIDERIO; PARR, 1972). Para conseguir uma quantidade razoável de *scotophobin*, era necessário sacrificar dezenas de ratos, já treinados para evitar ambientes escuros, a fim de se obter um extrato de seus cérebros que então era inoculado em ratos não treinados.

Apesar do sucesso inicial, uma série de controvérsias apareceu, já que alguns autores conseguiram replicar o estudo de Ungar, enquanto outros não. Como descrevem Collins e Pinch (2010), segundo o próprio relato de Ungar, entre 1965 e 1975, foram publicados 105 artigos com replicações que corroboraram seus resultados e 23 com replicações negativas. Como os pesquisadores que não conseguiram replicar eram de grupos com maior tradição em pesquisa, seus resultados negativos tinham enorme peso e os experimentos de Ungar acabaram perdendo o foco das atenções (COLLINS; PINCH, 2010; COLAÇO, 2018).

4 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS DE MCCONNELL PELA ÓTICA DA TESE DE DUHEM-QUINE

Retomando o problema de Duhem-Quine, especificamente o conceito de hipóteses auxiliares, podemos elencar, apenas para exemplificar, algumas possíveis hipóteses auxiliares no caso dos experimentos de transferência de memória de McConnell (A):

- A1: espécie e o tamanho das planárias. Será que a transferência de memória valeria para todas as espécies e tamanhos de planárias?
- A2: local onde as planárias foram alojadas quando não estavam em treinamento. Será que o nível de iluminação deste local de descanso (mais escuro ou mais iluminado) poderia influenciar o comportamento posterior?
- A3: o tipo de alimentação. Não se sabe se havia uma alimentação padronizada nestes

experimentos;

- A4: a frequência do treinamento. Não se encontrou relato sobre a frequência e tempo de treinamento das planárias;
- A5: temperatura da água durante o experimento e durante o descanso das planárias;
- A6: orientação das calhas de treinamento em relação ao campo magnético da Terra. Muitas espécies de seres vivos se orientam pelo campo magnético da Terra.

Cada uma dessas hipóteses auxiliares poderia ter um impacto significativo nos resultados dos experimentos. Por exemplo, o tipo de alimentação (A3) poderia potencialmente alterar a capacidade das planárias de absorver e processar informações, enquanto a frequência e duração do treinamento (A4) poderiam impactar diretamente a quantidade de memória que as planárias poderiam adquirir. Enfim, observa-se que, apesar do extremo cuidado de McConnell em criar uma grande variedade de grupos e procedimentos de controle em seus experimentos, muitas hipóteses auxiliares podem não ter sido levadas em conta (RILLING, 1996).

No entanto, se os experimentos de McConnell não conseguiram apoiar sua hipótese principal, não ficou claro se a falha se deve à inveracidade da hipótese de transferência de memória ou se algum elemento na configuração experimental (uma das hipóteses auxiliares) estava incorreto ou não foi adequadamente controlado. Isso é a essência do problema de Duhem-Quine: a dificuldade de isolar uma hipótese para testá-la de forma conclusiva.

Em última análise, a questão de Duhem-Quine nos lembra que a ciência é um empreendimento complexo, que envolve não apenas o teste de ideias isoladas, mas também a navegação em um emaranhado de pressupostos auxiliares. Por isso, os cientistas devem sempre estar conscientes das limitações inerentes aos seus experimentos e das incertezas que essas limitações podem criar.

Após um período de turbulência e de críticas, as pesquisas deixaram de olhar nessa direção e o tema acabou sendo esquecido. Outro fato a ser observado é o de que McConnell e Ungar morreram alguns anos após a publicação de seus principais artigos, talvez não tendo tempo para consolidar e melhor sistematizar suas pesquisas na comunidade científica. McConnell foi uma das vítimas do terrorista norte americano Unabomber, perdendo a audição quando seu assistente, ao abrir uma correspondência, acionou uma bomba camuflada entregue em seu laboratório na Universidade de Michigan, em 1985 (RILLING, 1996).

Vale a pena citar a conclusão do trabalho de Hartry, Keith-Lee e Morton (1964), publicado na revista *Science*. Esses autores replicaram com extremo cuidado o experimento de James McConnell com planárias, mas não conseguiram detectar o efeito de transferência de memória. Todavia, não descartaram que pode haver alguma outra hipótese que explique o fenômeno, uma hipótese auxiliar que não foi levada em conta:

Os resultados não comprovam que a transferência de memória através do canibalismo pode não ocorrer. No entanto, eles sugerem que os resultados de tais experiências com planária podem talvez ser explicados de forma mais adequada por outra que não a hipótese de "transferência de memória". Embora

a apresentação de teorias alternativas neste momento só possa ser feita numa base altamente especulativa, pode-se querer explorar a possibilidade de que as alterações nos fatores nutricionais ou metabólicos ou as alterações resultantes no grau de ativação ou sensibilização possam ser responsáveis pelos resultados relatados (HARTRY; KEITH-LEE; MORTON, 1964, p. 275).

Recentemente, a neurociência tem presenciado um período de avanços significativos em sua capacidade de explorar e manipular a função da memória em níveis celulares e neuronais. Esses desenvolvimentos inovadores vieram por meio de novas ferramentas e técnicas que estão permitindo aos pesquisadores aprofundar e refinar seu entendimento dos processos complexos envolvidos no armazenamento da memória. Tal progresso tem alimentado um renovado interesse no estudo da memória, com uma quantidade significativa de pesquisas sendo realizadas nesta área (JOSSELYN; KÖHLER; FRANKLAND, 2017). Em suas observações, os autores destacam James McConnell como uma figura de destaque na pesquisa sobre a memória, reconhecendo suas contribuições pioneiras para a compreensão do fenômeno.

Por fim, não existe ainda uma solução definitiva para o problema de Duhem-Quine dentro da filosofia da ciência. Embora algumas abordagens tenham proposto soluções parciais, ainda não há consenso sobre uma solução completa para o problema. Uma dessas abordagens, por exemplo, é a análise Bayesiana, uma técnica estatística que utiliza a probabilidade para avaliar a força relativa de diferentes teorias à luz de dados contraditórios oriundos de experimentos (SØBERG, 2005)³.

A abordagem Bayesiana se destaca na solução do problema de Duhem-Quine, ao permitir a avaliação simultânea das probabilidades das hipóteses auxiliares e principal. Ela atribui uma medida quantitativa à incerteza presente nas hipóteses. Em outras palavras, a abordagem Bayesiana permite a quantificação de nossa confiança em uma hipótese dada a disponibilidade de novos dados. Além de Sørberg (2005), Howson e Urbach (1989) exploraram a utilização da análise Bayesiana como uma possível solução para o problema de Duhem-Quine. Os autores argumentam que a abordagem Bayesiana é a melhor maneira de lidar com o problema, dada a sua natureza formal e rigorosa. Contudo, também admitem que essa abordagem não consegue solucionar completamente o problema, pois não é capaz de separar de maneira definitiva a contribuição de uma hipótese auxiliar da contribuição da hipótese principal.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou ilustrar e mesmo (re)lembrar, aos interessados nas disciplinas de Ciências naturais, como Física, Química, Biologia, Geologia e Astronomia, sejam alunos do segundo grau, universitários, estudantes de pós-graduação ou professores, que elas não são como a Matemática, que depende de dedução e prova, onde teoremas são demonstrados de maneira

³A análise Bayesiana, segundo Sørberg (2005), é um método de inferência estatística que se baseia no teorema de Bayes. Esse teorema permite atualizar probabilidades a priori para fornecer probabilidades a posteriori em resposta à chegada de novos dados, novas observações. Essa técnica é frequentemente empregada quando se deseja calcular a probabilidade de uma hipótese ser verdadeira, dada alguma nova evidência observada.

definitiva dentro de uma teoria. As ciências naturais envolvem a observação e a experimentação de fenômenos físicos e formulações e testes de teorias, e não fornecem conclusões irrefutáveis, definitivas. Ao relacionarmos a descrição dos experimentos de transferência de memória de McConnell com o problema de filosofia da ciência de Duhem-Quine, procuramos mostrar as dificuldades dos cientistas em colocar à prova suas teorias.

Casos de insucesso nas ciências, como os de McConnell e Ungar, não são incomuns. Vejamos o caso da pesquisa da bioquímica húngara, radicada nos EUA, Katalin Karikó, de como tornar o RNA mensageiro, descoberto nos anos 1960, viável para ser usado em vacinas contra diversos tipos de vírus (inclusive o SARS-CoV-2), certos tipos de câncer, dentre outras inúmeras potenciais aplicações. A luta infrutífera de Karikó para financiar suas pesquisas quase terminou com sua carreira, não fosse sua persistência por mais de 30 anos (YU, 2021).

É claro que temos que perceber a diferença entre insucesso científico e ciência dúbia. No caso de James McConnell, seu protocolo de treinamento de planárias tornou-se um paradigma de condicionamento pavloviano em invertebrados, com o uso de uma variedade de procedimentos e grupos de controle que são utilizados ainda hoje em trabalhos na área de neurociência e bioquímica relacionadas ao aprendizado e memória (JOSSELYN; KÖHLER; FRANKLAND, 2017).

Um caso de ciência dúbia e que, inclusive, foi publicado na revista *Nature*, em 1974, é o estudo no qual os cientistas Russell Targ e Harold Puthoff, do Stanford Research Institute (SRI), afirmavam que Uri Geller, médium israelense, tinha poderes psíquicos: enquanto trancado em uma sala protegida eletronicamente, Geller supostamente reproduziu imagens desenhadas por participantes do experimento em locais distantes (TARG; PUTHOFF, 1974). No entanto, após uma análise rigorosa, Hanlon (1974) identificou problemas nos controles utilizados por Targ e Puthoff (1974). Apesar disto, Targ e Puthoff trabalharam na SRI até meados dos anos 80, com apoio da CIA e da Agência de Inteligência de Defesa, que viam possíveis aplicações na área militar. O programa na área de parapsicologia continuou até ser encerrado em uma audiência do Congresso Norte americano, em 1995 (GREEN, 2018).

Se nas ciências naturais o problema de Duhem-Quine apresenta desafios significativos, nas ciências sociais, como pontuou o sociólogo Peter Winch (2008), a problemática se torna ainda mais complexa, devido ao nível de complexidade dos sistemas sociais e à multiplicidade de fatores que influenciam os fenômenos observados. Winch (2008) ressalta que, em muitos casos, as teorias das ciências sociais são dependentes do contexto e podem ser influenciadas pelas crenças e valores dos próprios pesquisadores. Todavia, segundo Thorp (2023), editor-chefe da revista *Science*, essa influência afeta a pesquisa científica como um todo, pois a ciência é feita por cientistas humanos, sujeitos ao erro, e que refletem, em seus estudos, suas identidades e experiências. Assim, a pesquisa científica se apresenta como um processo social, no qual, para se chegar a um consenso justo e confiável, as teorias são revisitadas inúmeras vezes, por diversos pesquisadores (THORP, 2023).

Não existe uma bala de prata que comprove ou refute definitivamente uma hipótese, uma teoria. Ela vai se tornando mais próxima da verdade à medida que mais e mais experimen-

tos mostram sua capacidade em prever o fenômeno em foco. Como relatam Collins e Pinch (2010) ao final de seu trabalho, a ciência tem um aspecto caloroso, cotidiano, emocionante, argumentativo, tanto quanto as artes e as ciências sociais.

REFERÊNCIAS

- COLAÇO, D. Rip it up and start again: The rejection of a characterization of a phenomenon. **Studies in History and Philosophy of Science**, Elsevier, v. 72, p. 32–40, 2018.
- COLLINS, H.; PINCH, T. **O Golem: O que você deveria saber sobre ciência**. 2. ed. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010. 257 p.
- DEOCHAND, N.; COSTELLO, M. S.; DEOCHAND, M. E. Behavioral research with planaria. **Perspectives on Behavior Science**, Springer, v. 41, n. 2, p. 447–464, 2018.
- DUHEM, P. **The Aim and Structure of Physical Theory**: Tradução para o inglês de Philip P. Wiener. Princeton: Princeton University Press, 1991.
- EARMAN, J.; GLYMOUR, C. Relativity and eclipses: The british eclipse expeditions of 1919 and their predecessors. **Historical Studies in the Physical Sciences**, JSTOR, v. 11, n. 1, p. 49–85, 1980.
- GREEN, J. O. **Uri Geller and the reception of parapsychology in the 1970s**. 2018. Dissertação (Master of Arts) — University of British Columbia, Vancouver, 2018.
- GUALA, F. **The methodology of experimental economics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- HANLON, J. Uri geller and science. **New Scientist**, v. 64, n. 919, p. 170–170, 1974.
- HARTRY, A. L.; KEITH-LEE, P.; MORTON, W. D. Planaria: memory transfer through cannibalism reexamined. **Science**, v. 146, n. 3641, p. 274–275, 1964.
- HENRION, M.; FISCHHOFF, B. Assessing uncertainty in physical constants. **American Journal of Physics**, American Association of Physics Teachers, v. 54, n. 9, p. 791–798, 1986.
- HOWSON, C.; URBACH, P. **Scientific reasoning: The bayesian approach**. Open Court Publishing Co, 1989.
- JOSSELYN, S. A.; KÖHLER, S.; FRANKLAND, P. W. Heroes of the engram. **Journal of Neuroscience**, Soc Neuroscience, v. 37, n. 18, p. 4647–4657, 2017.
- KATZ, J. J.; HALSTEAD, W. C. Protein organization and mental function. **Comparative Psychology Monographs**, v. 20, n. 1, p. 1–38, 1950.
- MCCONNELL, J. Memory transfer through cannibalism in planarians. **Journal of Neuropsychiat.**, v. 3, p. 542–548, 1962.
- POPPER, K. R. **The logic of scientific discovery**. London: Hutchinson, 1959.
- QUINE, W. V. O. Two dogmas of empiricism. **Philosophical Review**, New York: Harper Torchbooks, v. 60, n. 1, p. 20–43, 1951.
- QUINE, W. V. O. **Pursuit of Truth**: Revised edition. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- RILLING, M. The mystery of the vanished citations: James mcconnell’s forgotten 1960s quest for planarian learning, a biochemical engram, and celebrity. **American Psychologist**, v. 51, n. 6, p. 589, 1996.

SØBERG, M. The Duhem-Quine thesis and experimental economics: A reinterpretation. **Journal of Economic Methodology**, v. 12, n. 4, p. 581–597, 2005.

SZALEK, P. K. The Duhem-Quine thesis reconsidered. **Studies in Logic, Grammar and Rhetoric**, v. 62, n. 1, p. 73–93, 2020.

TARG, R.; PUTHOFF, H. Information transmission under conditions of sensory shielding. **Nature**, Nature Publishing Group UK London, v. 251, n. 5476, p. 602–607, 1974.

THORP, H. H. It matters who does science. **Science**, American Association for the Advancement of Science, v. 380, n. 6648, p. 873–873, 2023. Acesso em: 13 de jul. de 2023. Disponível em: <<https://www.science.org/content/blog-post/it-matters-who-does-science>>.

UNGAR, G.; DESIDERIO, D.; PARR, W. Isolation, identification and synthesis of a specific-behaviour-inducing brain peptide. **Nature**, Nature Publishing Group UK London, v. 238, n. 5361, p. 198–202, 1972.

WINCH, P. **The Idea of a Social Science and Its Relation to Philosophy**. 3. ed. London: Routledge, 2008.

YU, T. How scientists drew weissman and katalin karikó developed the revolutionary mrna technology inside covid vaccines. **Bostonia**, 18 de nov. de 2021. Acesso em: 13 de jul. de 2023. Disponível em: <<https://www.bu.edu/articles/2021/how-drew-weissman-and-katalin-kariko-developed-mrna-technology-inside-covid-vaccines/>>.