

Bases da Ciência Moderna — UFABC — Prof. Valter
FAQ — Respostas a perguntas frequentes — Teorias científicas

1 — As teorias do passado (em particular as teorias obsoletas) devem ser consideradas como não-científicas?

Não necessariamente. Uma teoria não se torna não-científica somente porque foi abandonada ou refutada. Uma teoria pode atender aos critérios de cientificidade e, no entanto, revelar-se falsa a certa altura da sua existência. (A história da ciência está cheia de exemplos desse tipo.) A questão da cientificidade de uma teoria é **independente** da questão da sua verdade ou falsidade nos testes. No passado existiram várias teorias perfeitamente científicas, que no entanto nós não aceitamos mais hoje. Por outro lado, hoje em dia, ainda continuam surgindo, aqui e ali, teorias científicas (incluindo teorias verdadeiras e teorias falsas), e também teorias pseudocientíficas.

É claro que a **aceitação** de uma teoria falsa é outra questão: apegar-se a uma teoria falsa quando já existem **outra(s) teoria(s) mais bem sucedida(s) para aquele mesmo domínio de fenômenos** seria uma atitude irracional. Mas aí o problema não está nas teorias em si, e sim na atitude cognitiva que se toma em relação a elas.

2 — As teorias que se baseiam na probabilidade são, de alguma forma, menos científicas do que as outras?

Não. Uma teoria não deixa de ser científica nem se torna menos aceitável por ter caráter probabilístico. O conceito de probabilidade já está definitivamente incorporado ao repertório conceitual da ciência desde os séculos XVIII e XIX. Há âmbitos de estudo em que a probabilidade é a forma de abordagem mais fértil. A mecânica estatística e a mecânica quântica, por exemplo, possuem caráter intrinsecamente probabilístico — isto é, elas não estão direcionadas para prever a ocorrência de eventos individuais, mas apenas as probabilidades de certas classes de eventos ocorrerem. Não obstante, elas constituem exemplos de teorias científicas bem sucedidas no mais alto grau.

O fato de uma teoria ser de tipo probabilístico **não a impede de fazer previsões precisas**, ao contrário. Por exemplo, a mecânica estatística e a mecânica quântica são capazes de fazer previsões com elevadíssimo grau de precisão sobre as propriedades elétricas e magnéticas dos materiais, sobre a classificação dos elementos na tabela periódica, sobre a supercondutividade, a superfluidez, o plasma, etc.

3 — As teorias que postulam conceitos inobserváveis são, de alguma forma, menos científicas do que aquelas que envolvem apenas conceitos observáveis?

Não. Uma teoria não é “mais verdadeira” simplesmente envolver apenas termos observáveis. É certo que, pelo fato de envolver basicamente as regularidades empíricas, ela pode estar mais próxima do experimento, por assim dizer, e por isso seria menos suscetível de sofrer reveses durante os testes. Mas, por outro lado, ela consegue isso à custa de ser **menos profunda**, pois tem um **poder explicativo menor** do que as teorias construtivas.

Inversamente, a teorização científica é tanto mais interessante quanto mais ela se “arriscar”, quanto mais **criativa** ela for na postulação de conceitos inobserváveis dotados de maior poder explicativo. Por meio de tais conceitos, ela se torna mais profunda, e talvez mais

próxima de uma explicação de como a natureza funciona. Por isso, em geral, as grandes teorias na história da ciência têm sido aquelas que utilizaram conceitos inobserváveis.

4 — Nos sistemas formais, sempre existe a possibilidade de haver uma troca de papéis entre o que é axioma e o que é teorema dentro de uma teoria?

Sim, mas com reservas. Numa dada teoria, em geral é possível fazer com que aquilo que é axioma “vire” teorema e vice-versa. Já se mostrou que isso é possível no cálculo, na geometria, na mecânica clássica, na termodinâmica, no eletromagnetismo, etc. Mas é fundamental notar que essa troca de papéis precisa ser feita **de maneira disciplinada**. A troca entre axiomas e teoremas só ocorre quando se passa de uma **axiomatização** da teoria — isto é, a adoção de um certo conjunto de axiomas — para outra **axiomatização diferente** da mesma teoria. Uma vez adotada uma certa axiomatização — isto é, uma vez definido um certo conjunto de axiomas — é preciso **permanecer e prosseguir dentro dessa axiomatização**. Isto é, as “regras do jogo”, uma vez adotadas, devem ser mantidas. Não se pode nunca “misturar” axiomatizações diferentes no mesmo argumento ou na mesma demonstração, sob pena de grave inconsistência e conseqüente colapso do sistema.

Além disso, embora exista a possibilidade *lógica* de encontrar diferentes axiomatizações equivalentes de um mesmo sistema formal — equivalentes no sentido de se poder “dizer as mesmas coisas” com uma e com outra — elas nem sempre serão igualmente convenientes do ponto de vista *prático*. É esse fator que, muitas vezes, determina a escolha por uma formulação ou por outra.

5 — É válido dizer, simplesmente, que uma teoria “é boa” ou “é ruim”, sem mais, ou então que ela é “melhor” ou “pior” que outra, de uma vez por todas? Mais precisamente, as avaliações sobre a adequação das teorias são absolutas e/ou definitivas?

Não. Num sentido restrito, é claro que, se uma teoria “passou” em um teste, ela sempre deverá passar *naquele mesmo teste*. Mas e quanto aos testes novos? Toda avaliação do “desempenho” de uma teoria é relativa pelo menos em um aspecto: em geral, toda teoria científica possui determinados **limites de validade** (além, é claro, de um determinado *domínio de aplicação*). Uma teoria poderá ser válida, por exemplo, apenas para fenômenos dentro de um certo intervalo de energia, ou apenas para certas faixas de valores de pressão e temperatura, ou apenas para uma certa gama de comprimentos de onda, etc. Além desses limites, as suas previsões não são garantidas, e podem dar resultados incoerentes. Até agora, nunca se conseguiu construir uma teoria com validade “total” ou “absoluta”. *Mais cedo ou mais tarde, todas as teorias científicas se deparam com seus limites*. (Às vezes, os próprios criadores da teoria já conseguem determinar, de antemão, os seus limites de validade.) Por isso, todas as avaliações feitas acerca de uma teoria devem ser relativas, e devem vir acompanhadas de um qualificativo: por exemplo, a teoria X foi bem (ou mal) confirmada (ou melhor confirmada do que a teoria Y, etc) *dentro de tais e tais limites de validade*.

6 — As dificuldades encontradas para se classificar os conceitos científicos como observáveis ou inobserváveis significam que essas noções não são úteis para a metaciência?

Não. O que apresenta problemas (e está sujeito a diversas críticas) são as tentativas mais “ingênuas” de classificação, feitas numa “primeira aproximação”. Também pode ser que sempre restem alguns conceitos científicos “límitrofes” ou “ambíguos”, que sejam de difícil classificação em qualquer uma das duas categorias, seja qual for o critério utilizado. Mas as noções de observabilidade e inobservabilidade ainda assim conservam um certo “núcleo” de significado que é útil e relevante.

Afinal, nós temos uma certa noção intuitiva de que certos conceitos científicos estão mais próximos daquilo que podemos observar, ao passo que outros são mais abstratos e têm uma relação menos tangível com a observação. Desejamos considerar como *observável*, em linhas muito gerais, *aquilo que é acessível à nossa observação, seja por meio dos nossos sentidos, seja com o auxílio de instrumentos que ampliam a capacidade dos nossos sentidos*. É lícito supor que essa nossa noção intuitiva possa ser captada de uma maneira rigorosa por algum conceito de observabilidade. Vale lembrar que existem técnicas mais sofisticadas para se fazer a distinção entre termos observáveis e termos teóricos/inobserváveis, técnicas essas que conseguem atingir o seu objetivo de forma mais consistente.

Além disso, cabe lembrar que precisamos de algum tipo de conceito de observabilidade para expressar os resultados dos **testes**. Isso porque os resultados experimentais devem se referir aos fenômenos observados, e por isso precisam ser expressos numa linguagem em que os termos teóricos/inobserváveis tenham sido “filtrados” ao máximo. (Sabe-se que essa “filragem” dos elementos teóricos nunca chega a ser *completa*.)

7 — Pode-se supor que todos os conceitos atualmente considerados “inobserváveis” poderão um dia passar a “observáveis” com o desenvolvimento de novas tecnologias e novos instrumentos de observação?

Não todos. As novas tecnologias de observação permitem fazer, fundamentalmente, duas coisas: (1) aumentar a **resolução** e a **precisão** das observações; (2) transformar conceitos **qualitativos** em conceitos **quantitativos**, suscetíveis de serem **medidos**. É fato que alguns conceitos, como “gene”, “molécula” e “vírus”, estão atualmente passando por uma “reclassificação”, de inobserváveis para observáveis, pois as novas tecnologias estão permitindo, por exemplo, a produção de imagens em alta resolução e, principalmente, estão possibilitando a **manipulação** desses objetos. O mesmo se dá com certos fenômenos e processos na escala “nano”. Mas há outros conceitos que são inobserváveis por motivos mais fundamentais, como “função de onda”, “potencial”, “campo”, “inconsciente”, etc. Em tais casos, ou os conceitos são *definidos* logo de saída como inobserváveis, ou existem leis e princípios teóricos que acarretam a “proibição” da observação (seja direta ou assistida) de tais conceitos. Nesses casos, o desenvolvimento de novas tecnologias, por mais que amplie o nosso poder de observação, provavelmente não irá alterar a situação desses conceitos de forma substancial.

Note que o fato de existir um **instrumento** ou uma **montagem experimental** para determinar uma certa grandeza **não implica necessariamente** que essa grandeza seja *observável*. (Pensemos no caso do spin ou do campo elétrico, que podem ser medidos.) As quantidade *inobserváveis* também podem ser suscetíveis de medida — só que isso se dá de uma forma *indireta*, por um processo que, às vezes, pode ser bastante complicado.