

**Notas sobre *Philosophy of Natural Science*, de Carl Hempel**

Estas notas de aula versam sobre os capítulos 3 e 4 do livro Hempel, C. G. *The Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1966. (*Filosofia das Ciências Naturais*. Trad. P. S. Rocha. Rio, Zahar, 1974.)

**Capítulo 3: “The test of a hypothesis: Its logic and its force”**

**Seção 3.1: Experimental vs. nonexperimental tests**

1. Hempel nota que as implicações de teste típicas têm a forma de um condicional:

$$I: C \rightarrow E$$

onde C são certas condições experimentais e E são certos fenômenos que se supõe ocorrerem quando essas condições são satisfeitas.

2. É conveniente distinguir (o que Hempel não faz):

$$\left\{ \begin{array}{l} \textit{experiência}: \text{qualquer observação sensorial de algum objeto ou processo} \\ \textit{experimento}: \text{observação controlada e feita intencionalmente} \end{array} \right.$$

Logo, todo experimento é uma experiência, mas nem toda experiência é um experimento.

Em termos dessa distinção, todo teste envolve experiência (confronto de uma hipótese com dados empíricos), mas nem todo teste envolve experimentos. Isso porque nem sempre a condição C da implicação de teste é algo que se possa realizar de propósito, quando se queira, como por exemplo se dá no teste de teorias astronômicas, ou talvez sociais ou políticas. Nesses casos, temos de contar com a sorte, ou esperar o momento adequado, para que C se produza. Hempel classifica essas situações de “testes não-experimentais”, querendo com isso dizer que não envolvem *experimentos*.

3. (Parágrafo 12). Experimentos são importantes nas ciências não só porque permitem testar hipóteses de forma controlada, mas também porque podem ser úteis em sugerir hipóteses novas. Um exemplo – o do alongamento de um fio por um peso – é discutido por Hempel no parágrafo 11.

**Seção 3.2: The role of auxiliary hypotheses**

Como enfatizaram os filósofos contemporâneos Pierre Duhem e Willard Quine, raramente na ciência uma hipótese é capaz de levar a implicações de teste se tomada *isoladamente* de outras

hipóteses. Essas outras hipóteses são ditas *hipóteses auxiliares*, justamente porque auxiliam no estabelecimento de situações de teste reais.

Isso traz conseqüências importantes. Uma delas é a inaplicabilidade do *modus tollens* idealizado, com o qual se poderia refutar uma hipótese H (argumento i, à esquerda). Ao invés disso têm-se, um argumento mais complexo (ii, à direita), no qual a hipótese auxiliar A se junta a H:

$$\text{i) } \begin{array}{|l} H \rightarrow I \\ \neg I \\ \hline \neg H \end{array}$$

$$\text{ii) } \begin{array}{|l} (H \& A) \rightarrow I \\ \neg I \\ \hline \neg (H \& A) \end{array}$$

Note que a conclusão de ii é equivalente a  $\neg H$  ou  $\neg A$

No argumento ii, a conclusão é de que a *conjunção* de H e A é falsa. Isso é certo, dada a verdade das premissas. Mas uma conjunção pode ser falsa por causa da falsidade de qualquer uma das proposições que a compõem, ou de diversas delas. Portanto, o argumento mais realista não permite inferir com certeza que H é falsa. O teste não funciona como uma falseação conclusiva: alguém que queira manter que H é verdadeira, pode atribuir a falsidade de (H & A) à falsidade de A. Os cientistas muitas vezes fizeram isso ao longo da história da ciência.

*Exemplos:*

1) A hipótese copernicana H<sub>c</sub> (Sol fixo, Terra móvel) foi falseada por Tycho Brahe, que extraiu dela a implicação de teste de que haveria paralaxe estelar, P. Mas ele não observou nenhuma paralaxe; portanto H<sub>c</sub> foi dada por ele como falsa. Galileo e outros copernicanos notaram, porém, que H<sub>c</sub> só leva à implicação de existência de paralaxe *observável a olho nu* (como se fazia na época de Tycho) se se assumir a hipótese auxiliar D de que as distâncias entre o Sol e as estrelas não são muito maiores do que a do Sol à Terra. Eles questionaram tal hipótese auxiliar, podendo assim manter que H<sub>c</sub> é verdadeira. Esquematicamente a situação era:

$$\begin{array}{|l} (H_c \& D) \rightarrow P \\ \neg P \\ \hline \neg H_c \text{ ou } \neg D \end{array}$$

Tycho assumiu D como verdadeira (pressuposição que deixou implícita), e concluiu  $\neg H_c$ . Os copernicanos sustentaram (também sem poder provar...) que D era falsa, podendo, pois continuar mantendo que H<sub>c</sub> era verdadeira. Com o avanço do conhecimento científico, bem mais tarde ficou claro que D era mesmo falsa: as estrelas estão muitíssimo mais longe do Sol do que a Terra.

2. Ehrenhaft procurou refutar a hipótese da existência de uma carga elétrica discreta mínima (atribuída ao elétron), extraíndo dela conseqüências experimentais que mostrou serem falsas (medidas de certos parâmetros relativos ao experimento das gotas de líquido eletrificadas). Millikan, que queria manter a hipótese, atribuiu a falsidade daquelas conseqüências à falsidade de uma série de hipóteses auxiliares feitas por seu oponente: que as gotas que observava eram esféricas, que não se oxidavam, que não evaporavam, etc. Se qualquer dessas suposições fosse falsa, as previsões falsas de Ehrenhaft não mais poderiam ser obtidas (seriam obtidas outras, que *corroboravam* a hipótese da quantização da carga elétrica).

3. No século XIX, extraíram-se previsões falsas da teoria mecânica newtoniana relativas à órbita de Urano. Ao invés de tomar o fato como uma refutação daquela teoria, Leverrier e Adams sugeriram que o *modus tollens* fosse dirigido antes às chamadas “condições iniciais” do problema, ou seja, uma série de suposições necessárias para se efetuar o cálculo da órbita. Mais especificamente, propuseram que deveria haver mais um corpo celeste, cuja atração gravitacional não estava sendo levada em conta no cálculo. Depois, essa suposição foi de fato confirmada, pela observação astronômica do que veio a ser chamado o planeta Netuno. (Para detalhes, ver o cap. 5 do livro de Chalmers.)

4. H: Esta bateria está carregada.

I: Se for colocado um pedaço de bom-bril entre seus pólos, ele pegará fogo.

Suponha que I seja falsa, ou seja, que o bom-bril *não* pegou fogo. Pode-se concluir que H é falsa? Não com certeza, pois alguém poderá lembrar que a previsão de I não pode ser feita a partir somente de H, requerendo hipóteses auxiliares como: i) que não há uma película isolante nos pólos; ii) que o bom-bril não é feito de um novo tipo de aço, que não conduz bem eletricidade; que a resistência interna da bateria não é muito alta; etc. Se qualquer dessas hipóteses for falsa, pode-se resguardar a verdade de H mesmo diante do fato de que o bom-bril não pegou fogo.

5. H: Este líquido é água.

I: Se for aquecido, ferverá a 100° C.

Suponha que, num certo experimento, o líquido ferveu a 90°. Portanto I é falsa. Pode-se daí concluir que H é falsa, ou seja, que o líquido não é água? Não com certeza, pois para que I decorra de H têm-se de assumir a hipótese auxiliar de que a pressão atmosférica é “normal” (i.e. 760 mm de Hg). Se isso for falso (por ex., se a pressão for bem mais baixa no local do experimento), a falsidade de I poderá ser explicada mesmo com H sendo verdadeira.

6. H: O Sr. Astrogildo está contente e confiante na vida.

I: Ele não anda cabisbaixo.

Suponha que I é falsa, ou seja, que o Sr. Astrogildo na verdade anda cabisbaixo. H está refutada? Não necessariamente, pois a inferência de I a partir de H pressupõe, por exemplo, que o homem não tem uma vértebra cervical deslocada, que o obrigue a pender a cabeça para frente...

\* \* \*

*Parágrafos 17 e 18:*

Aqui Hempel volta ao ponto 1 da seção 3.1, de que I em geral é uma proposição composta condicional, ou seja, da forma  $C \rightarrow E$ . Então a relação de dependência de I e H,  $H \rightarrow I$ , na verdade é do tipo:

$$H \rightarrow (C \rightarrow E)$$

Mas pelas regras da lógica, essa sentença é equivalente a:

$$(H \& C) \rightarrow E$$

Isso mostra que de fato a condição C pode ser considerada uma hipótese auxiliar na situação de teste, juntando-se a outras já eventualmente presentes:

$$(H \& A_1 \& A_2 \& \dots \& C) \rightarrow E$$

O exemplo de Millikan é apresentado por Hempel no parágrafo 19 justamente para ilustrar essa possibilidade. Nele, as hipóteses auxiliares que eventualmente foram questionadas para salvar a hipótese do caráter discreto da eletricidade eram hipóteses sobre a realização experimental da condição de teste, C.

### 3.3 Crucial tests

A idéia de teste crucial remonta pelo menos a Francis Bacon. Seria um teste capaz de decidir entre duas hipóteses ou teorias alternativas para um mesmo fenômeno, ou classe de fenômenos. O esquema formal simplificado de um teste crucial é:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_1 \rightarrow (C \rightarrow E_1) \\ H_2 \rightarrow (C \rightarrow E_2) \end{array} \right.$$

onde  $E_1$  e  $E_2$  são fenômenos *mutuamente exclusivos*, ou seja:

$$E_1 \rightarrow \neg E_2 \quad ; \quad E_2 \rightarrow \neg E_1$$

Suponha que dada a condição C ocorra  $E_1$ . Então a primeira proposição condicional da chave fornece um argumento de confirmação de  $H_1$  (descontando a falácia da afirmação do conseqüente...), e a segunda um de refutação de  $H_2$ :

$H_1 \rightarrow (C \rightarrow E_1)$	$H_2 \rightarrow (C \rightarrow \neg E_1)$
$E_1$	$E_1$
-----	-----
$H_1$	$\neg H_2$

(Note que a primeira premissa do segundo argumento resulta da segunda linha da chave, pela transitividade da implicação:  $C \rightarrow E_2$ ;  $E_2 \rightarrow \neg E_1$ ; logo  $C \rightarrow \neg E_1$ )

Hempel discute o exemplo do teste realizado por Foucault no séc. XIX, que refutou a teoria corpuscular da luz e ao mesmo tempo confirmou a teoria ondulatória. Mas como existe o problema das hipóteses auxiliares, essa proposta na verdade é simples demais: não há refutações conclusivas, assim como já se sabia que não há confirmações conclusivas. O que ocorre é que em geral a extração das implicações de teste mutuamente exclusivas requer hipóteses auxiliares *diferentes* nos dois casos. É pois possível, pela modificação dessas hipóteses, reverter o veredicto do teste crucial. Concluimos que não há testes cruciais estritos na ciência.

### 3.4 *Ad hoc* hypotheses

O recurso de desviar as implicações do *modus tollens* da hipótese central sob teste para uma das hipóteses auxiliares não apenas é formalmente legítimo, mas também muitas vezes útil no desenvolvimento da ciência, como ilustram os exemplos acima (e tantos outros que podem ser encontrados nos livros de história da ciência). No entanto, requer cuidado em sua aplicação.

Nesta seção Hempel estuda a situação problemática em que a manobra é feita pela introdução de hipóteses que têm como único objetivo salvar a hipótese principal de uma refutação, e que não levam a conseqüências testáveis independentes. Tais hipóteses são ditas *ad hoc*. Hempel dá alguns exemplos; outros podem ser encontrados na seção 5.2 do livro de Chalmers. Um dos casos históricos mais comentados é o da hipótese de que o flogisto – substância que, na teoria aceita antes de Lavoisier, considerava-se desprender-se dos corpos em combustão – tinha peso negativo. Essa hipótese *ad hoc* foi introduzida para salvar essa teoria da refutação decorrente da observação feita por Lavoisier de que alguns corpos (metais) *ganham* peso ao serem queimados.

### 3.5 Testability-in-principle and empirical import

Embora as análises precedentes mostrem que nenhum teste é conclusivo, quer para confirmar, quer para refutar as hipóteses típicas da ciência, a testabilidade continua sendo um requisito essencial para a cientificidade de qualquer hipótese. Hempel enfraquece um pouco essa exigência, que para ele basta ser uma *testabilidade em princípio*, ou seja, a hipótese deve levar a implicações de teste mesmo que as condições de teste envolvidas não sejam tecnologicamente factíveis no momento em que a hipótese é proposta.

Acrescenta que é tal testabilidade em princípio que confere *conteúdo cognitivo* a uma hipótese (ou teoria). Sem isso ela de fato é apenas uma pseudo-hipótese: uma sentença que tem a aparência de expressar uma proposição, mas que na verdade é uma seqüência de símbolos sem sentido. Essa é uma versão atenuada do famoso “critério verificacionista de significado”, proposto pelos positivistas lógicos, com inspiração em Hume (ver o clássico artigo de Carnap, “Testability and meaning”, e também, de Hume, *An Enquiry concerning Human Understanding*, 2.9)

Por fim, Hempel admite que esse critério é passível de uma *gradação*: há hipóteses mais testáveis e menos testáveis. (Para um reforço desse ponto, ver o livro de Chalmers, seção 5.1.) Além disso, a própria fronteira entre testabilidade e não-testabilidade não é nítida.

## Capítulo 4: “Criteria of confirmation and acceptability”

### Seção 4.1: Quantity, variety, and precision of supporting evidence

Neste capítulo 4 Hempel investiga com mais detalhes a questão da confirmação de hipóteses. No capítulo precedente havia lembrado que não há uma forma de argumento lógico válido capaz de levar à conclusão de que uma dada hipótese é verdadeira, a partir de fatos relativos às suas implicações de teste. Agora, irá tentar encontrar critérios que possam remediar esse problema.

Os primeiros três critérios são examinados nesta seção, de maneira breve, pois são os mais simples e livres de controvérsias: a *quantidade*, a *variedade* e a *precisão* da evidência empírica.

1) *Quantidade*: quanto mais implicações de teste verdadeiras a hipótese tiver, melhor. (Mas a influência relativa desse fator diminui com o número de “confirmações”.)

2) *Variedade*: essas implicações de teste devem ser variadas, para cobrir uma área ampla. Com isso, maximiza-se a exposição da hipótese a possíveis falseações. Caso ela sobreviva, ganha-se segurança de que é verdadeira. Um ponto importante aqui é que o que fornece uma indicação preliminar de que fatores é importante variar é o *conhecimento de fundo* disponível no momento da investigação. Como esse conhecimento não é, como nenhum outro, infalível, pode acontecer que essa diretriz se mostre inadequada. As evidências empíricas podem forçar a investigação numa direção que antes se considerava infrutífera, ou o contrário, mostrar que certos fatores antes considerados relevantes de fato não o são. Nesses casos, pode ser necessário revisar porções importantes do conhecimento de fundo, dando lugar a grandes avanços no conhecimento.

3) *Precisão*: Quanto mais precisas as observações experimentais, maior o poder falseador ou confirmador dos testes.

#### **Seção 4.2: Confirmation by ‘new’ test implications**

O grau de suporte fornecido por uma observação a uma hipótese parece depender do momento em que é feita. Se a informação empírica referente às implicações de teste da hipótese já estava totalmente disponível quando a hipótese foi formulada, alguém cético quanto à hipótese pode alegar que o fato de ela levar a essas implicações verdadeiras não dá nenhum indício de que é verdadeira, pois a hipótese terá sido feita de propósito (*ad hoc*) para dar conta dessas implicações. Tal arrazoado não se aplica, porém, aos casos em que a hipótese leva a implicações de teste *novas*. Veja-se, a esse respeito, a seção “Antecipação teórica da experiência”, do artigo de S. S. Chibeni “A inferência abductiva e o realismo científico” (*Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, série 3, 6 (1): 45-73, 1996.)

Ressalte-se que esse critério de apoio teórico não era reconhecido no início do período contemporâneo (durante a fase dominada pelo positivismo lógico), pois então se fazia uma distinção estrita entre “contexto de descoberta” e “contexto de justificação”. O critério em questão seria relativo ao primeiro desses contextos, considerado irrelevante do ponto de vista epistemológico. Hempel nota, a esse respeito, que as tentativas de quantificar as relações de apoio teórico (ver seção 4.5) consideravam, de fato, apenas as relações lógicas entre hipótese e evidência, não contando qualquer dado referente à história de ambas.

#### **Seção 4.3: Theoretical support**

Hempel trata aqui de um tipo de suporte que não depende diretamente do exame empírico das implicações de teste da hipótese: aquele que deriva das relações lógicas *entre hipóteses*, ou entre hipóteses e teorias. Se uma hipótese ou teoria bem confirmada implica outra ainda não bem estabelecida, esta última recebe apoio da primeira. Note-se que mesmo esse tipo de apoio deriva, em última instância, da experiência; poderíamos falar aqui em suporte empírico *indireto*.

As interligações lógicas entre hipóteses ou teorias podem também funcionar no sentido negativo, ou seja, uma hipótese que conflita com alguma teoria bem estabelecida fica, por essa razão, sob suspeita prévia. Deve-se tomar cuidado para que nessas situações não se caia no extremo de se rejeitar cabalmente a hipótese, pois pode bem dar-se que o que está errado é a teoria, e não a hipótese. Só o tato científico vai poder lidar apropriadamente com essas situações; não há regras formais que possam, por si sós, direcionar a escolha aqui. Note-se que esse ponto ilustra mais uma vez (cf. seção 3.2) o caráter integrado do conhecimento teórico.

#### Seção 4.4: Simplicity

Apresentando-se duas ou mais hipóteses alternativas para dar conta de um certo conjunto de fenômenos, somos propensos a preferir a mais simples delas (supondo que os méritos das hipóteses quanto a outros aspectos sejam iguais). Há, nessa escolha, duas dimensões distintas.

1) *Dimensão pragmática*. Neste caso, é claro que o critério de simplicidade é de fundamental importância: É mais fácil lidar com hipóteses simples do que com complexas.

2) *Dimensão epistêmica*. Aqui surge um problema sério. Trata-se, do ponto de vista epistêmico, de encontrar conhecimento, de descobrir a verdade. Mas o que garante que as hipóteses mais simples estejam mais próximas da verdade do que as complexas? Embora muitos cientistas partilhem da visão segundo a qual as verdadeiras leis da natureza são simples, essa associação entre simplicidade e verdade não é nada evidente, e nem parece haver um caminho pelo qual possa ser estabelecida. Por essa razão, os filósofos da vertente anti-realista rejeitam a associação como “metafísica”, e portanto sem valor para a ciência ou mesmo para a filosofia. Um exemplo disso é van Fraassen, que em seu famoso livro *The Scientific Image* (1980) explicitamente classifica a simplicidade como uma “virtude” meramente pragmática, sem nenhuma relevância epistêmica. Para ele, o único fator que conta para a crença na verdade de uma hipótese ou teoria são suas relações com os fatos empíricos.

Uma das dificuldades centrais aqui é a de se estabelecerem critérios *objetivos* de simplicidade. Hempel analisa algumas tentativas, mostrando que nenhuma delas é inteiramente adequada. As diversas propostas ou são ambíguas, ou têm contra-exemplos históricos, ou não são consistentes, etc.

#### Seção 4.5: The probability of hypotheses

Nesta seção Hempel menciona, de maneira breve, uma proposta cara aos positivistas lógicos e filósofos do início do período contemporâneo em geral: buscar estabelecer relações de confirmação *quantitativas* entre hipótese e evidência empírica. Destacam-se, nessa investigação, os trabalhos de Keynes, Carnap e do próprio Hempel. No entanto, podemos afirmar hoje com razoável segurança que esse projeto não foi bem sucedido, por diversas razões: o problema técnico das “probabilidades iniciais”, dificuldade de levar em conta toda a complexidade das situações científicas reais, paradoxos internos (os famosos “paradoxos da confirmação”, descobertos por Hempel), etc.