O BAYESIANISMO FACE ÀS DEMAIS TEORIAS DA CONFIRMAÇÃO: NOTAS PROVISÓRIAS SOBRE UM SUCESSO RELATIVO

BAYESIANISM IN VIEW OF OTHER THEORIES OF CONFIRMATION: PROVISIONAL NOTES ON A RELATIVE SUCCESS

Pedro Bravo de Souza[1]
Kleber Cecon[2]

Resumo: Dentro das Sociedades Científicas contemporâneas as chamadas "hipóteses científicas" são frequentemente definidas por receberem algum tipo de suporte empírico, isto é, serem confirmadas por dados experimentais. Argumenta-se não raramente, por exemplo, que a precessão do periélio de Mercúrio confirmou a teoria da relatividade geral de Albert Einstein. Constituindo-se, desse modo, uma propriedade importantíssima de uma parcela da atividade científica, filósofos da ciência buscaram – e buscam – analisar como determinada evidência confirma uma hipótese a ela associada. Destacam-se, nesse âmbito, três abordagens: (i) a teoria hipotético-dedutiva, (ii) o instancialismo hempeliano, e, por fim, (iii) a teoria bayesiana da confirmação. Por meio de uma avaliação crítica da proposta genérica de cada uma delas, a partir dos textos de seus principais enunciadores, procurar-se-á averiguar a recorrente tese segundo a qual o bayesianismo se constitui atualmente como a mais adequada teoria da confirmação. Será possível constatar, preliminarmente, que ele se apresenta como a melhor teoria face às suas concorrentes apenas de modo relativo, uma vez que encontra diversas objeções dificílimas de resolver satisfatoriamente.

Palavras-chave: Filosofia das ciências. Bayesianismo. Carl Hempel. Confirmação.

Abstract: Scientific hypotheses are often defined by receiving empirical support, *i. e.*, be confirmed by experience. It is argued, for instance, that Mercury's perihelion precession confirmed Albert Einstein's general theory of relativity. Being, then, a very important property of a portion of scientific activity, philosophers of science have sought – and seek – to analyze how evidence confirms a hypothesis associated with it. Three main approaches stands out in this context: (i) the hypothetical-deductive theory, (ii) the Hempelian instancialism, and, finally, (iii) the Bayesian confirmation theory. Through a critical evaluation of the generic proposal of each, from the texts of its main authors, it will be verified the recurrent thesis according to which Bayesianism is currently the best theory of confirmation. It will be possible to note, preliminarily, that it is the best theory in view of its adversaries only in a relative way, since it has many objections extremely difficult to resolve satisfactorily.

Keywords: Philosophy of sciences. Bayesianism. Carl Hempel. Confirmation.

1 Introdução

De acordo com a mecânica newtoniana, os planetas orbitam o Sol em formato de elipses fechadas, sendo o periélio o ponto em que mais se aproximam dele, e o afélio o

[1] Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Marília. Bolsista FAPESP. E-mail: pedrobravodesouza@hotmail.com
[2] Professor Assistente Doutor do Departamento de Filosofia a Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Marília. E-mail: klebercecon@gmail.com

ponto em que a distância é maior. Contudo, tal movimento não é perfeito: todos os planetas apresentam uma variação da localização do periélio. Em particular, o planeta Mercúrio apresenta uma variação de 570 arco-segundos[3] por século.

Tal variação é explicada, em grande medida, pela própria mecânica newtoniana mediante a atração gravitacional que um corpo celeste exerce sobre outro. Mesmo assim, restam em torno de 45 arcos de segundo que não são previstos pela teoria. Ao final do século XIX e início do século XX, vários astrônomos buscaram resolver tal discrepância entre o valor previsto e valor observado.

Urbain Le Verrier (1811-1877), por exemplo, chegou a conjecturar a existência de um planeta próximo a Mercúrio – Vulcano – o qual seria responsável pela variação do periélio daquele. No entanto, Vulcano nunca foi, de fato, descoberto e, assim, o fenômeno investigado continuava um enigma até a publicação de "Explicação do Movimento do Periélio de Mercúrio a partir da Teoria Geral da Relatividade" de Albert Einstein em 1915 (VANKOV, 2015), onde o físico conseguiu efetivamente abarcar o valor observado sem hipóteses adicionais, como fizera Le Verrier.

Costuma-se dizer que o resultado acima de Einstein foi a primeira confirmação de sua Teoria da Relatividade Geral. A partir de então, ela passa a ter mais crédito no âmbito da física, dada a concepção de que hipóteses científicas devem receber algum suporte empírico. Nota-se, destarte, não apenas como a relação de confirmação está implícita na atividade científica, como também sua importância para direcionar a escolha de determinada teoria em detrimento de outra.

Filósofos da ciência buscam, dentre outras ocupações, investigar justamente a relação de confirmação subjacente à atividade científica. Com efeito, conforme aponta Cozic (2011, p. 63), assim como cabe à lógica dedutiva examinar princípios às vezes implícitos na matemática, cabe à filosofia da ciência elucidar, codificar e analisar princípios utilizados no raciocínio científico que se valem da noção de confirmação.

De modo geral, três abordagens destacam-se no âmbito das teorias da confirmação: (i) a teoria hipotético-dedutiva (SPRENGER, 2001), (ii) o instancialismo hempeliano (HEMPEL, 1943, 1945a, 1945b), e, por fim, (iii) a teoria bayesiana da confirmação (HOWSON; URBACH, 2006). Embora cada uma delas possuam objeções – como será exposto –, o bayesianismo é tido como a melhor das abordagens relativas à

[3] Arco-segundo é uma medida para ângulos que equivale à 1/3600 de um grau.

noção de confirmação (COZIC, 2011, p. 99). Investigar, de modo preliminar, se tal é o caso constitui o objetivo do presente artigo.

Para tanto, cada abordagem será exposta em sua forma genérica. Dito de outro modo, procurar-se-á expor apenas os aspectos centrais de cada uma das correntes sem adentrar, portanto, aos melhoramentos ulteriores que cada abordagem tenha recebido. Se, por um lado, semelhante escolha metodológica acarreta uma visão apenas geral de cada teoria analisada, por outro lado, ela possibilita comparações entre elas – o que é crucial para este trabalho.

Subjacente às considerações aqui realizadas, estará a preocupação em indicar como uma exposição formal acerca do tema da confirmação, como o fazem os autores a serem analisados, acarreta uma investigação mais fecunda e precisa.

2 Notas horizontais sobre as principais teorias da confirmação

2.1 Da teoria hipotético-dedutiva: deduzir uma evidência

Ao analisar o relato acima sobre a precessão do periélio de Mercúrio, poder-se-ia dizer, intuitivamente, que os dados falavam mais a favor da teoria de Einstein que a favor da mecânica newtoniana. No entanto, tal explicação é demasiado vaga (o que significa um dado falar a favor de determinada hipótese? como medir tal apoio?) e limitada.

Ora, na ciência não há apenas casos em que evidências confirmam hipóteses, mas igualmente evidências que a infirmam ou são neutras em relação a elas. Desse modo, uma teoria adequada da confirmação deveria também lidar com a infirmação e a neutralidade. Descartada, então, a hipótese intuitiva segundo a qual evidências falam a favor de determinadas hipóteses, deve-se recorrer a uma avaliação diferente do problema.

Retornando ao relato sobre Mercúrio, poder-se-ia dizer que a teoria da relatividade geral de Einstein implicou o valor observado, assim como num argumento dedutivo válido a conclusão é implicada pelas premissas. Desse modo, tal valor previsto pela teoria teria confirmado-a. Precisando essa ideia, alguns autores defendem a seguinte definição hipotético-dedutiva da confirmação (CRUPI, 2015, p. 11):

Definição 1 Hipotético-dedutiva: Uma evidência *E* *HD-confirma* uma hipótese *H* relativamente a um conhecimento de fundo *K* se, e somente se: (i) *H* e *K* implicam logicamente *E*; (ii) *K* não implica sozinho *E*.[4]

A primeira condição, a qual é a intuição básica das teorias hipotético-dedutivas, afirma que a evidência *E* deve ser implicada logicamente pela hipótese e pelo conhecimento de fundo. Em outras palavras, coloca-se como critério para a confirmação a relação de consequência lógica da lógica dedutiva. Por sua vez, a segunda condição afirma que a evidência deve ser informativa, ou seja, não deve estar contida no conhecimento já possuído, como em hipóteses auxiliares.

Ainda que a definição acima não possua um autor fundador, ela é, segundo seus defensores contemporâneos, tacitamente presente na atividade científica desde alguns séculos. Nesse sentido, Sprenger (2001, p. 2) remonta ao polímata William Whewell (1794-1866) uma ideia próxima à medida que este defende que as hipóteses científicas devem predizer fenômenos ainda não observados[5], bem como que a precisão e verdade dessas predições são uma prova de que a hipótese em questão é digna de crédito. Cozic (2011, p. 76), por sua vez, remonta à seguinte citação do *Tratado da Luz* de Christiaan Huygens (1629-1695) a ideia da teoria hipotético-dedutiva da confirmação:

> […] haja vista que, ao invés dos geômetras que provam suas proposições mediante princípios certos e inquestionáveis, aqui os princípios se verificam pelas conclusões que obtemos; […] Saber, então, que as coisas, que demonstramos pelos princípios supostos, rementem perfeitamente aos fenômenos que a experiência assinalou, sobretudo quando há grande número e ainda principalmente quando formamos e predizemos fenômenos novos, que devem seguir das hipóteses que empregamos, e que encontramos nisso o efeito que atende às nossas expectativas.[6] (HUYGENS, 1690, p. 2, tradução nossa).

[4] Infirmação e neutralidade são definidas do seguinte modo: b) Uma evidência *E* *HD-infirma* uma hipótese *H* relativamente a um conhecimento de fundo *K* se, e somente se, (I) *H* e *K* implicam a negação de *E*; (ii) *K* não implica não-*E;* c) Uma evidência *E* é *HD-neutra* em relação a uma hipótese *H* relativo a *K* nos casos não mencionados em (a) e (b).

[5] Imre Lakatos possui posição semelhante ao dizer (LAKATOS, 1978, p. 25, tradução nossa): "O que realmente conta são predições dramáticas, inesperadas e impressionantes”. No original: “What really count are dramatic, unexpected, stunning predictions”

[6] […] puisque au lieu que les Géomètres prouvent leurs Propositions par des Principes certains et incontestables, icy les Principes se vérifient par les conclusions qu'on en tire; […] Sçavoir lors que les choses, qu'on a démontrées pas ces Principes supposez, se raportent parfaitement aux phénomènes que l'expérience a fait remarquer; sur tout quand il y en a grand nombre, et encore principalement quand on se forme et prévoit des phénomènes nouveaux, qui doivent suivre des hypothèses qu'on employé, et qu'on trouve qu'en cela l'effet repond à nostre attente”.

Tendo, portanto, o mérito de explicar alguns dos elementos da prática científica há séculos, em especial, o elemento da predição, a teoria hipotético-dedutiva da confirmação possui, não obstante, várias objeções. Cozic (2011, p. 76-7), em particular, enumera quatro, das quais se destacam aqui as duas seguintes.

Em primeiro lugar, devido à propriedade de monotonicidade[7] da consequência lógica, se *E* HD-confirma *H*, então ele confirma a conjunção de *H* com não importa qual hipótese *H*': um corpo que permanece num mesmo estado sem a aplicação de uma força exterior confirmaria o princípio da inércia de Newton assim como uma hipótese qualquer, e.g., que há vida em Marte! Em segundo lugar, a teoria hipotético-dedutiva tem dificuldades em situações onde uma evidência confirma não somente uma hipótese *H*, mas também outras hipóteses incompatíveis com aquela.

Face a tais dificuldades, a teoria hipotético-dedutiva como definida acima mostra-se insatisfatória. Cabe dizer, por fim, que, muito embora alguns autores contemporâneos como Jan Sprenger (2001) busquem refiná-la, outras abordagens apresentaram-se como mais promissoras, dentre elas o instancialismo hempeliano.

2.2 Do instancialismo hempeliano: evidências implicam hipóteses

Segundo Carl G. Hempel (1945a, p. 10), o filósofo francês Jean Nicod formulou um interessante critério para analisar a noção de confirmação. Ora, hipóteses científicas possuem majoritariamente quantificadores universais, como na expressão “todo material de cobre conduz eletricidade”, ou em lógica de primeira ordem $\forall x\left(Cx \rightarrow Ex\right)$ (para não importa qual *x*, se *x* é de cobre, então *x* conduz eletricidade). Uma instância de tal expressão seria um objeto *a* que possui as propriedades *C* (ser de cobre) e *E* (conduzir eletricidade).

Baseando-se nisso, pode-se definir que um objeto N-*confirma* uma hipótese universal condicional se ele satisfaz tanto seu antecedente quanto o consequente. Caso ele satisfaça o antecedente, porém não o consequente, tal objeto N-*infirma* a hipótese associada. Enfim, o objeto é N-*neutro* em relação à hipótese se não satisfaz o antecedente. Hempel intitula de *critério de Nicod* tais definições.

[7] Monoticidade é geralmente definida como a seguir: $\Gamma \vdash \varphi$ então $\Gamma \cup \Gamma' \vdash \varphi$. Intuitivamente, se uma certa fórmula φ é consequência de um conjunto Γ de sentenças, então ela é igualmente consequência de um conjunto que tenha Γ como subjconjunto.

Embora possua, para Hempel, o mérito de explicitar a mais comum e tácita interpretação do conceito de confirmação, o critério de Nicod possui algumas deficiências. Em primeiro lugar, ele é restrito a hipóteses com quantificadores universais, quando há hipóteses com o quantificador existencial ou ainda com ambos utilizados na ciência. Em segundo lugar, ele, somado à *condição de equivalência*[8], condição segundo a qual se um dado *E* confirma uma hipótese *H*, então ele confirma todo enunciado *H'* que é logicamente equivalente a *H*, um paradoxo aparece (HEMPEL, 1945a, p. 14).

Ora, seja uma hipótese *H*, a qual representa a seguinte proposição "todos os corvos são pretos", ou em lógica moderna $\forall x\left(Cx \rightarrow Px\right)$ (para não importa qual *x*, se *x* é corvo, então *x* é preto), tem-se, a partir do critério de Nicod, que um corvo preto *a* confirmaria semelhante proposição, ou $Ca \wedge Pa$. Admitindo, ademais, a condição de equivalência, chega-se a conclusões admitidamente contraintuitivas. Ora, o enunciado *H'* que é logicamente equivalente a *H* seria "todas as coisas não pretas são não corvos", $\forall x\left(\neg Px \rightarrow \neg Cx\right)$ (para não importa qual *x*, se *x* não é preto, então *x* não é corvo). Seja *b* um caderno, *b* confirma *H'* pelo critério de Nicod e, por equivalência, *H*. Em suma, tem-se que um caderno confirma a proposição "todos os corvos são pretos"!

Para Hempel (1945a, p. 18-9), o paradoxo acima emerge devido a um desentendimento que possui duas fontes. De acordo com a primeira fonte, pensa-se que fórmulas universais como as que aparecem acima referem-se apenas aos objetos mencionados nelas, enquanto que, na verdade, elas referer-se-iam a todos objetos. Em seu turno, a segunda fonte indica que, quando se propõe um objeto que não atenda aos predicados da hipótese inicial, mas que, por meio da regra de equivalência e do critério de Nicod, a confirma, já há um conhecimento prévio de que tal objeto não satisfaz tais predicados. Assim, uma definição de confirmação que não faz alusão a objetos senão a relações entre sentenças e que, ademais, não leva em conta conhecimentos prévios como fazia a definição hipotético-dedutiva, torna-se imprescindível.

Buscando, então, (i) extrair os méritos do critério de Nicod, (ii) desvencilhar-se do paradoxo acima e, principalmente, (iii) formular um critério puramente sintático para a noção de confirmação como uma relação lógica entre sentenças, Hempel (1945b, p.

[8] Ainda que a condição de equivalência não esteja presente no *critério de Nicod*, Hempel (1945a, p.12) argumenta a favor de sua necessidade, pois seu cumprimento torna a confirmação de uma hipótese independente do modo como ela é formulada, o que Nicod não teria conseguido.

103; p. 105) estabelece as três seguintes condições para uma definição adequada de confirmação:

C1. Condição de implicação: qualquer sentença que é implicada por um relato observacional é confirmada por ele; C2. Condição de consequência: se um relato observacional confirma toda sentença de uma classe *K* delas, então ele também confirma qualquer sentença que é uma consequência lógica de *K*; C3. Condição de consistência: todo relato observacional logicamente consistente é logicamente compatível com a classe de todas as hipóteses que confirma.

Apresentadas as condições acima, Hempel (1945b, p. 109) define o conceito de *desenvolvimento*, o qual será de suma importância para sua definição de confirmação. O desenvolvimento de uma hipótese *H* para uma classe de indivíduos *C* será o que *H* afirmaria se não existissem nada mais do que os indivíduos de *C*. Assim, dada uma classe com os indivíduos *a*, *b* e *c*, {*a*,*b*,*c*}, e a hipótese " $xP(x)$ (para não importa qual *x*, *x* contém a propriedade *P*), o desenvolvimento de *H* será $P(a)\text{Ù}P(b)\text{Ù}P(c)$ (o indivíduo *a* tem a propriedade *P* e o indivíduo *b* tem a propriedade *P* e o indivíduo *c* tem a propriedade *P*)[9]. Mediante tal conceito, Hempel (*ibid*.) propõe a seguinte caracterização:

Definição 2. Instancialismo hempeliano:
a) Um relato observacional *B H-confirma diretamente* uma hipótese *H* se *B* implica o desenvolvimento de *H* para a classe daqueles objetos mencionados em B.
b) Um relato observacional *B H-confirma* uma hipótese *H* se *H* é implicada por uma classe de sentenças em que cada uma é confirmada diretamente por *B*.[10]

Nota-se acima que, em primeiro lugar, a definição proposta não faz alusão ao uso restrito de determinado quantificador. Nesse sentido, ela evita a limitação do critério de Nicod quanto ao uso exclusivo de quantificadores universais. Em segundo lugar, cabe ressaltar que, no caso da confirmação direta, o relato observacional *B* deve implicar o desenvolvimento da hipótese *H*. A importância dessa implicação manifesta-se por meio do exemplo abaixo fornecido pelo próprio Hempel (1945b, p. 109-10).

[9] Cabe notar que o conceito de desenvolvimento aplica-se igualmente a fórmulas com quantificadores existenciais, como será visto mais adiante.
[10] O instancialismo hempeliano consegue, outrossim, definir as relações de infirmação e neutralidade Um relato observacional *B H-infirma* uma hipótese *H* se confirma a negação de *H*. Um relato observacional *B* é *H-neutro* em relação à *H* se *B* não confirma nem infirma *H*.

Considere as três hipóteses a seguir: $H_1 = \forall x P(x) \vee Q(x)$ (para não importa qual *x*, *x* tem a propriedade *P* ou *x* tem a propriedade *Q*), $H_2 = \exists x P(x)$ (ao menos um *x* tem a propriedade *P*) e $H_3 = P(c) \vee Q(c)$ (a constante *c* tem a propriedade *P* ou a constante *c* tem a propriedade *Q*). Seus desenvolvimentos são, para a classe de indivíduos {*a*, *b*}, respectivamente: $(P(a) \vee Q(a)) \wedge (P(b) \vee Q(b))$, $(P(a) \vee P(b))$ e a própria hipótese H_3, uma vez que o desenvolvimento de uma hipótese sem quantificador é ela própria – o que lhe torna independente da classe de indivíduos em questão.

Dado um relato observacional $B = (P(a) \wedge Q(b))$ (a constante *a* tem a propriedade *P* e a constante *b* tem a propriedade *Q*), conclui-se que: (i) *B H-confirma diretamente* H_1, pois *B* implica seu desenvolvimento – basta ver que $(P(a) \wedge Q(b))$ figura no desenvolvimento da hipótese mencionada; (ii) tendo confirmado diretamente H_1, *B* também a *H-confirma*, dado que a noção de *H-confirmação* é dependente daquela de *H-confirmação direta*. (iii) *B*, por sua vez, não *H-confirma diretamente* H_3, haja vista que seu desenvolvimento, H_3, não é implicado por *B*. Ora, de que uma constante *a* tenha a propriedade *P* e uma constante *b* tenha a propriedade *Q*, não há como inferir que uma constante *c* tem a propriedade *P* ou uma constante *c* tem a propriedade *Q*;(iv) Entretanto, como a hipótese H_3 é implicada pela hipótese H_1, isto é, $P(c) \vee Q(c)$ é deduzida de $\forall x P(x) \vee Q(x)$ por meio de regras de inferência – instanciação universal, no caso -, e esta, H_1, é *H-confirmada diretamente* por *B*, *B H-confirma* H_3 pela definição de *H-confirmação* acima.

Hempel demonstra no artigo *A purely syntactical definition of confirmation* (1943) como sua definição satisfaz as condições propostas, além de defini-la com maior rigor lógico do que no artigo *Studies in the Logic of Confirmation* de 1945 – o qual foi objeto principal dos comentários acima. Não obstante, sua definição não escapa de graves objeções.

A primeira objeção, da qual se fará aqui apenas uma menção, advém do filósofo Rudolf Carnap. Grosso modo, Carnap (1950, p. 468-78) argumenta que Hempel embaralha dois conceitos distintos de confirmação de tal modo que suas condições ora atendem um, ora outro. Mais especificamente, Hempel não diferencia o conceito incremental de confirmação do conceito absoluto de confirmação.

Grosso modo, uma evidência *E confirma incrementalmente* uma hipótese *H* se *E* aumenta o valor da probabilidade de *H*. Em outras palavras, a probabilidade de *H* dado *E* é maior do que a probabilidade de *H* sem a ocorrência de *E*. Por exemplo, se a probabilidade de *H* é 0.2 sem a ocorrência de *E*, porém 0.3 dado *E*, *E* confirma incrementalmente *H*. Por outro lado, uma evidência *E confirma absolutamente* uma hipótese *H* se *H* é provável dado *E*. Nota-se que, nessa definição, pressupõe-se que a probabilidade de *H* dado *E* esteja acima de certo limite de modo que ela seja considerada provável. Por exemplo, seja a probabilidade de *H* 0.8 sem a ocorrência de *E* e 0.7 dado *E*, então *E* confirma absolutamente *H*, pois o valor da hipótese considerada permanece acima de um limite que acarreta ser ela provável.

A segunda objeção, mais importante para este trabalho, foi formulada pelo filósofo Nelson Goodman (1955, p. 74-5) por meio do paradoxo das esmeraldas verul, o qual é resumido do seguinte modo. Suponha que todas as esmeraldas analisadas antes de um instante *t* sejam verdes. Então, tais evidências suportam a hipótese H_1 = $\forall x\left(Ex \rightarrow Vx\right)$ (para não importa qual *x*, se *x* é uma esmeralda, *x* é verde). Considere agora o predicado “verul” que, (i) se atribuído a um objeto antes de *t*, ele é verde, e (ii) nos outros casos, isto é, em *t* ou depois de *t*, o objeto é azul. Em *t* há, portanto, tanto evidências para a hipótese H_1 quanto evidências para a hipótese H_2 = $\forall x\left(Ex \rightarrow VRx\right)$ (para não importa qual *x*, se *x* é uma esmeralda, *x* é verul).

Assim, como uma evidência *E* até *t* será $\left(E\left(a\right) \wedge V\left(a\right) \wedge VR\left(a\right)\right)$ (*a* é uma esmeralda e verde e verul) ela *H-confirma diretamente* tanto a hipótese de que todas as esmeraldas são verdes, H_1, quanto à hipótese de que todas as esmeraldas são verul, H_2. Não bastasse isso, para uma esmeralda analisada depois do instante *t*, tem-se que a predição de H_1 e H_2 serão incompatíveis mesmo que ambas sejam anteriormente confirmadas pelas mesmas evidências. Ora, H_1 continuará afirmando que todas as esmeraldas são verdes, porém H_2 predirá que as esmeraldas serão azuis, uma vez que decorre do significado de verul que qualquer esmeralda analisada depois de *t* é azul.

O paradoxo acima chama atenção para a existência de predicados, tais como verul, os quais, diferentemente de outros, não são projetáveis. Predicados projetáveis, para Goodman, são passíveis de serem confirmados, como a hipótese H_1, e possuem formas de leis; contudo, predicados do tipo verul não são projetáveis e, assim, não são passíveis de serem confirmados por serem acidentais. Desse modo, é imperioso não somente se atentar a forma lógica das hipóteses científicas, mas também às características de seus predicados, o que Hempel deixa de fazer.

Em suma, o paradoxo das esmeradas verul ensina que uma definição adequada de confirmação não pode ser puramente sintática: ela deve atentar-se a noções semânticas, como o faz uma teoria alternativa, a teoria bayesiana da confirmação (EARMAN, 1992, p. 69).

2.3 Da teoria bayesiana da confirmação: graus de probabilidade maiores, dada uma evidência

A teoria bayesiana da confirmação fundamenta-se na epistemologia bayesiana (bayesianismo), sendo ambas inspiradas pelo ensaio póstumo do reverendo britânico Thomas Bayes, porém apenas solidificadas após a axiomatização do cálculo de probabilidades, feita por Andei Kolmogorov nos anos 30 do século XX.

Conforme aponta Cozic (2011, p. 77), a epistemologia bayesiana, malgrado as peculiaridades de cada defensor, possui três teses principais: (i) o *gradualismo*, isto é, a tese segundo a qual a uma epistemologia adequada cabe analisar graus de crença; (ii) o *probabilismo*, o qual sustenta que um agente racional possui graus de crença que se representam pelo cálculo de probabilidades; e (iii) a *revisão pela condicionalização*, tese que sustenta que as crenças de um agente são revistas por meio da regra probabilística da condicionalização[11].

A tese do gradualismo seria vaga não fosse a tese seguinte que mostra como os graus de crença serão representados: pelo cálculo de probabilidades. Howson & Urbach (2006, p. 14) apresentam uma axiomatização do cálculo de probabilidades, a qual em vez de conter operações de conjuntos, tais como a operação complemento, união e intersecção – como é usual em textos matemáticos -, possui a negação (~), conjunção (∧[12]) e disjunção (∨), respectivamente. Gera-se, assim, a seguinte axiomatização:

I. P(a) $\geq$ 0 para todo a no domínio da função P.

II. P(t) = 1, em que t é uma verdade lógica.

III. $P\left(a \acute{U} b\right)$ = P(a) + P(b) se a e b são mutuamente inconsistentes, isto é, a & b $\rightarrow \perp$[13]

[11] Apresentação semelhante é elaborada por Talboltt (2015, p. 1).

[12] Diferentemente dos autores citados, adotar-se-á neste trabalho o símbolo "∧" para representar a conjunção ao invés do símbolo "&" por eles utilizado.

[13] "⊥" Representa uma falsidade lógica.

IV. $P\left(a / b\right) = \dfrac{P\left(a \wedge b\right)}{P\left(b\right)}$, desde que $b \neq 0$.

O primeiro axioma afirma que a probabilidade de uma proposição *a* é maior ou igual a 0. O segundo axioma, por sua vez, expressa que a probabilidade de uma verdade lógica tem valor igual a 1. Em seu turno, o terceiro axioma afirma que a probabilidade de uma proposição *a* ou uma proposição *b* é a soma do valor da probabilidade de cada uma delas, desde que *a* e *b* não impliquem uma contradição. Por fim, o quarto axioma sustenta que a probabilidade de *a* dado *b* é igual à probabilidade da conjunção de *a* e *b* dividida pela probabilidade de *b*, desde que *b* seja diferente de zero.

Dentre os vários teoremas resultantes dos axiomas acima, citam-se a seguir nove que para o objetivo deste artigo são mais relevantes. As demonstrações são facilmente encontradas em Howson e Urbach (2006, p. 17-21) e não serão, então, reproduzidas aqui.

V. $P(\sim a) = 1 - P(a)$

VI. $P(\perp) = 0$.

VII. Se $a \leftrightarrow b$, então $P(a) = P(b)$.

VIII. Se *a* implica *b*, então $P(a) \geq P(b)$

IX. $0 \leq P(a) \leq 1$.

...

XVII. Se uma hipótese *h* implica uma evidência *e* e $P(h) > 0$ e $P(e) < 1$, então $P(h \mid e) > P(h)$.

XVIII. $P\left(h / e\right) = \dfrac{P\left(e / h\right) \times P\left(h\right)}{P\left(e\right)}$, desde que $P(h)$, $P(e) > 0$.

Lê-se a igualdade acima como: a probabilidade de uma hipótese *h* dada uma evidência *e* é igual ao quociente da expectativa de *e* ocorrer dada a hipótese *h*, multiplicada pela probabilidade prévia da hipótese *h* – antes de *e* ocorrer –, pela expectativa prévia de *e*.

Tal teorema é uma das formas[14] do célebre Teorema de Bayes. O nome dado faz menção ao reverendo Thomas Bayes que, em ensaio publicado postumamente (BAYES, 1764), apresenta resultados que implicam o teorema[15]. Um de seus méritos é permitir o cálculo de probabilidades condicionais, $P\left(h / e\right)$, mediante probabilidades inversas,

[14] Para outras maneiras de formular o teorema de Bayes, ver Joyce (2008).

[15] Thomas Bayes não formulou, portanto, explicitamente o teorema, como às vezes é suposto. Para detalhes sobre as circunstâncias históricas de seu artigo, ver Stigler (2013). Para um comentário a respeito de seu objetivo com o texto, ver Earman (1992, p. 7-32).

$P(e/h)$, as quais, segundo Joyce (2008, p. 3), são mais fáceis de verificar e menos subjetivas que as primeiras.

No geral, o teorema de Bayes é grandemente utilizado para definir a relação de confirmação à medida que permite calcular o quanto uma evidência afeta a probabilidade de determinada hipótese, $P(h/e)$, a partir apenas dos dados das probabilidades iniciais da evidência e da hipótese, bem como da probabilidade condicional da evidência dada a hipótese. Tendo tais informações, é possível, portanto, calcular a probabilidade da hipótese em questão dada a ocorrência da evidência - probabilidade central para a teoria bayesiana da confirmação, como proposto mais abaixo.

Considerando P(*h*) a probabilidade inicial de *h*, e $P(h/e)$, a probabilidade posterior de *h* dado *e*, tem-se que:

Definição 3: Teoria bayesiana da confirmação:
a) Uma evidência *E B-confirma* uma hipótese *H* se, e somente se, $P(H/E) > P(H)$.
b) Uma evidência *E B-infirma* uma hipótese *H* se, e somente se, $P(H/E) < P(H)$.
c) Uma evidência *E* é *B-neutra* em relação a uma hipótese *H* se, e somente se, $P(H/E) = P(H)$.

A cláusula (a) afirma que uma evidência confirmará uma hipótese apenas no caso em que o valor da probabilidade da hipótese dada a evidência (probabilidade posterior de *h*) é maior do que somente a probabilidade da hipótese (probabilidade inicial de *h*). Em resumo, uma evidência confirma uma hipótese, para o bayesianismo, se aumenta sua probabilidade – trata-se de uma noção incremental da confirmação, nos termos de Carnap (ver nota 8). A cláusula (b), por sua vez, mostra que, se a probabilidade de uma hipótese diminuir com a ocorrência de dada evidência, essa evidência a infirmou. Por fim, a cláusula (c) indica que se a ocorrência de determinada evidência não altera a probabilidade da hipótese em questão, então tal evidência é neutra em relação à hipótese.

Segundo Earman (1992, p. 63), a recente popularidade da teoria bayesiana da confirmação deve-se a duas categorias: a) ela ilumina as virtudes e armadilhas de várias abordagens anteriores provendo uma explicação para o que era considerado correto e revelando as dificuldades das metodologias sabidamente incorretas; b) ela, ademais, defende-se bem de um grande número de objeções.

Em relação à primeira categoria, considere a teoria hipótetico-dedutiva como apresentada anteriormente neste trabalho. Por um lado, assim como ela, o bayesianismo fornece explicações para casos de evidências que são implicadas logicamente por determinada hipótese e, desse modo, a confirmam maximalmente, casos onde P(*h*) será 1. Por outro lado, diferentemente dela, devido ao caráter não monotônico do cálculo de probabilidades, o bayesianismo não enfrenta o problema de que uma evidência *E* confirme a conjunção de uma hipótese *H* e outra *H'* qualquer. Na verdade, o grau de confirmação de *E* para *H* será maior do que aquele de *E* para *H* e *H'*. Em suma, a teoria bayesiana da confirmação não somente explica os mesmos casos que a teoria hipotético-dedutiva, como não possui suas dificuldades.

Considere, agora, o instancialismo hempeliano tal qual aqui exposto, cuja grande objeção advém do paradoxo das esmeraldas verul. Antes de mostrar como a teoria bayesiana da confirmação o aborda, cabe dizer que ela, aparentemente, soluciona também o paradoxo dos corvos. Ora, o bayesianismo mostraria, por meio do teorema de Bayes, que a evidência *b* (o caderno) confirmaria pouquíssimo a hipótese *H*, ao passo que a evidência $Ca \grave{U} Pa$ (um corvo preto) o faria muito.

Em relação ao paradoxo das esmeraldas verul, defende-se que, se duas hipóteses se adéquam igualmente bem às evidências, como H_1 e H_2 no exemplo do paradoxo, e se H_2 é recebida com incredulidade pela comunidade científica como no caso do predicado "verul" (HOWSON; URBACH, 2006, p. 129), então a atribuição de probabilidades prévias à H_2 será menor do que a atribuição à H_1. Tal atribuição modificará, portanto, os graus de confirmação da hipótese H_1 e H_2, o que solucionaria o paradoxo.

Além das análises acima, a teoria bayesiana da confirmação consegue, por meio da relação inversa entre $P(h/e)$e $P(e)$ presente no teorema de Bayes, abordar casos presentes na prática científica nos quais, quanto mais surpreendente é uma evidência, mais ela confirma a hipótese em questão.

Autores bayesianos vão mais além ainda e utilizam tal teoria para resolver problemas filosóficos como o problema de Duhem[16] (HOWSON; URBACH, 2006, p. 103-14), ou ainda o problema da indução tal qual formulado por Hume[17] (HOWSON,

[16] O problema de Duhem, originalmente formulado pelo filósofo francês Pierre Duhem, parte da premissa de que uma hipótese científica não é testada isoladamente, senão em conjunto com outras hipóteses. Assim sendo, como poderia um experimento indicar precisamente qual hipótese estaria equivocada?

[17] A cláusula adicional "tal qual formulado por Hume" é importantíssima, uma vez que há vários problemas sob o aparentemente unívoco nome "problema da indução". Hume (1999), em particular, questiona-se pelo fundamento dos raciocínios feitos a partir da experiência. Mais precisamente por um tipo de indução denominada indução causal (MONTEIRO, 2009, p. 27), uma vez que, para ele, nem os

2000). A análise de tais contribuições não cabe para o escopo do presente trabalho. Cabe agora assinalar que, malgrado seus resultados, a teoria bayesiana da confirmação também possui algumas objeções, as quais cumpre verificar, de modo preliminar, se ela – como afirmou Earman anteriormente – defende-se bem delas.

A primeira grande objeção que o bayesianismo enfrenta é a subjetividade da atribuição de probabilidades prévias. Conforme apontado anteriormente (nota 12), há dois grupos de bayesianos: os bayesianos objetivos, que colocam restrições nas atribuições das probabilidades prévias – como o princípio da indiferença de John Keynes –, e os bayesianos subjetivos, que não colocam. Tal objeção dirige-se, portanto, aos bayesianos subjetivos.

No entanto, conforme demonstram Howson e Urbach (2006, p. 265-97), bayesianos subjetivos, cada uma das restrições impostas pelos bayesianos objetivos possui dificuldades. Considere, por exemplo, o princípio da indiferença, cuja formulação informal é a seguinte: "quando não há informações favorecendo uma possibilidade sobre outra, deve-se atribuir probabilidades iguais a partes iguais do universo de possibilidades".

Valendo-se de um argumento utilizando lógica formal, Howson e Urbach (2006, p. 270) apresentam a seguinte objeção. Sejam duas linguagens: L_1, a qual possui o símbolo identidade, o predicado Q, e os indivíduos *a* e *b*; e L_2, a qual possui o símbolo identidade e o predicado Q. Considere agora as duas seguintes sentenças: S_1, $\exists x Q(x)$ (há ao menos um indivíduo associado a Q), e S_2, $\exists x \exists y((x \neq y) \wedge \forall z(z = x \vee z = y))$ (há exatamente dois indivíduos). Há quatro possibilidades de sentenças em L_1 dado S_2:

1. Qa ^ Qb
2. Qa ^ ¬Qb
3. ¬Qa ^ Qb
4. ¬Qa ^ ¬Qb

Porém, há apenas três possibilidades de sentenças em L_2 dado S_2: ambas variáveis estão associadas a Q, ao menos uma variável está associada a Q, nenhuma

raciocínios demonstrativos nem raciocínios morais (em seus termos) justificam aqueles indutivos. Goodman (1955), por sua vez, defende um novo enigma da indução, o qual consiste em diferenciar predicados projetáveis de não projetáveis. Ainda sobre o assunto, cabe assinalar que a indução foi igualmente problematizada na história da filosofia oriental. Ver a respeito CHAKRARBATI, Kison Kumar. *Classical indian philosophy of induction: the Nyaya viewpoint*. Lanham: Lexington Books, 2010.

variável está associada a Q. O motivo deve-se à ausência de constantes lógicas nesta linguagem, senão variáveis, o que torna os indivíduos indistinguíveis.

Em face dessas informações e pelo princípio da indiferença, a probabilidade de S_1 (há ao menos um indivíduo associado a Q) dado S_2 seria ¾ em L_1 e 2/3 em L_2. Nota-se não apenas a atribuição de probabilidades distintas, como também probabilidades cuja soma viola um dos teoremas do cálculo de probabilidades (teorema IX).

A partir dessa objeção ao princípio da indiferença e a outros princípios, os autores concluem que não há, aparentemente, nenhum princípio que pudesse limitar a atribuição de probabilidades prévias: a carga de subjetividade do bayesianismo parece, então, necessária. Sendo, então, uma teoria subjetiva, como poderia o bayesianismo analisar um conhecimento supostamente objetivo como o conhecimento científico?

A defesa de bayesianos dá-se, majoritariamente, pelos seguintes argumentos: (i) há uma parcela de subjetividade em toda atividade científica, a qual a referida teoria tem o mérito de explicitar precisamente onde; (ii) mesmo que dois indivíduos atribuam probabilidades prévias diferentes a determinada hipótese, é conhecido o fenômeno – passível de ser descrito pelo teorema de Bayes - segundo o qual depois de alguns experimentos as opiniões dos cientistas convergirão; (iii) as probabilidades prévias estão abertas às críticas.

A segunda grande objeção enfrentada pelos bayesianos é o intitulado problema do indício antigo, proposto originalmente por Glymour (1980). Retomando o relato sobre a precessão do periélio de Mercúrio apresentado no início do texto, considere *H* a Teoria da Relatividade Geral de Einstein e considere, ademais, que *H* implica a evidência *e*, que é o valor observado da precessão. Em 1915, quando Einstein formula sua teoria, ele conhecia a evidência *E*, portanto $P(e)=1$. Intuitivamente, dir-se-ia que *e* confirma *H*, porém, segundo o cálculo de probabilidades, a probabilidade da hipótese *H* em 1915 dado *e* será: $P(H/e)=P(H)$, o que afirma que a evidência é neutra em relação à hipótese, não confirmando-a.

Howson e Urbach (2006, p. 299-301) respondem à objeção acima, dissolvendo-a. Ora, um conjunto de dados conta como evidência para uma hipótese dependendo de um contexto informacional na qual ela está situada. Assim, uma tesoura no escritório de João não é um indício para a hipótese de que ele assassinou André. Porém, a partir da informação de que André foi morto no escritório de João com marcas no pescoço típicas de uma tesoura, e de que havia sangue de André naquele objeto, a hipótese de que João é o assassino ganha mais credibilidade.

Uma condição para aplicar o êxito do exemplo acima é de que a evidência *e* não esteja contida no contexto informacional *k* da hipótese. Aplicando tal ensinamento no caso da precessão do periélio de Mercúrio, isto é, retirando a evidência *e* do conhecimento de fundo de um agente, tal evidência *e* alteraria a probabilidade da hipótese *H* confirmando-a. Eis, assim, justificadas as palavras de Earman no que concerne à boa defesa bayesiana face as suas objeções.

3 Considerações finais

A partir de um relato de caso da história da astronomia, em que a Teoria da Relatividade Geral de Einstein abarcou satisfatoriamente determinado dado empírico, procurou-se investigar de que modo esse mesmo dado constituir-se-ia uma evidência para a teoria confirmando-a. Começando por algumas noções intuitivas de confirmação, o presente artigo comentou brevemente as propostas genéricas da teoria hipotético-dedutiva, do instancialismo hempeliano e, por fim, da teoria bayesiana da confirmação. Mais além, intentou-se explicitar as dificuldades e méritos de cada teoria. Face ao exposto, cabe neste momento analisar, de modo preliminar, se a última teoria comentada é a melhor das abordagens mencionadas.

Defende-se aqui, de modo provisório, que, malgrado os resultados e as diversas respostas da teoria bayesiana da confirmação às suas objeções, ela somente possui um sucesso relativo como teoria da confirmação. Sucesso relativo, pois se apresenta como a melhor teoria face às suas concorrentes atuais, porém não absolutamente, uma vez que encontra diversas objeções dificílimas de resolver satisfatoriamente, como a carga de subjetividade que lhe é inerente.

Questões como "a objetividade científica estaria condicionada ao momento em que diferentes opiniões convirjam?", "havendo subjetividade na ciência, estará ela presente somente na atribuição de probabilidades prévias?" e "a possibilidade de crítica de tais probabilidades é uma condição razoável para a adoção da teoria bayesiana da confirmação?" justificam a defesa acima.

Além disso, avalia-se neste trabalho que a teoria bayesiana da confirmação não resolve satisfatoriamente o paradoxo das esmeraldas verul. Conforme aponta Vickers (2014, p. 45), o referido paradoxo não é solucionado por meio de uma referência a um conhecimento de fundo, como fizeram Howson & Urbach anteriormente. Ainda que predicados como verul sejam incomuns, alegar que eles não possuem muito crédito pela comunidade científica não responde o problema de como hipóteses que o utilizam não são passíveis de serem confirmadas.

4. Referências

BAYES, T. An Essay Toward Solving a Problem in the Doctrine of Chances. Londres: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* Vol. 53, p. 370-418, 1764.

CARNAP, R. *Logic foundations of probability.* London: Routledge & Kegan Paul, 1950.

COZIC, M. *Confirmation et induction*. In: BARBEROUSSE, Anouk [et al] (ed.). *Précis de Philosophie des Sciences*. Paris: Vuibert, 2011. p. 62-99.

CRUPI, V. Confirmation. In: ZALTA, E. (ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2015 Edition) URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2015/entries/confirmation/>. Último acesso em 20 de julho de 2016.

EARMAN, J. *Bayes or bust?* A critical examination of bayesian confirmation theory. Cambridge: The MIT Press, 1992.

GOODMAN, N. *The New Riddle of Induction*. In: GOODMAN, Nelson. Fact, Fiction, & Forecast. Cambridge: Harvard University Press, 1955. p. 63-86.

GLYMOUR, C. *Theory and Evidence*. Princeton: Princeton University Press, 1980.

HEMPEL, C. G. A PURELY SYNTACTICAL DEFINITION OF CONFIRMATION. *The Journal of Symbolic Logic*. Vol. 8 (4), 1943. p. 122 -143.

______. Studies in the Logic of Confirmation (I.). *Mind*, Oxford, vol. 54, p. 1-26, 1945a.

______. Studies in the Logic of Confirmation (II.). *Mind*, Oxford, vol. 54, p. 97-121, 1945b.

HOWSON, C. *Hume's problem: Induction and the Justification of Belief*. New York: Oxford University Press, 2000.

HOWSON, C.; URBACH, P. *Scientific reasoning: the Bayesian approach*. 3ª ed. Chicago: Open Court, 2006.

HUME, D. *Investigação sobre o Entendimento Humano*. Tradução de José Oscar de Almeida Marques. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

HUYGENS, C. *Traité de la Lumière*. Leydne: Van der Aa, 1690.

JOYCE, J. Bayes' Theorem. In: ZALTA, E. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2008 Edition). Disponível em: *<http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/bayes-theorem/>*. Último acesso em 10 de maio de 2016.

KOLMOGOROV, A. N. *Foundations of the Theory of Probability*. Tradução de Nathan Morrison. New York: Chelsea Publishing Company, 1950.

LAKATOS, I. Science and Pseudoscience. In: HACKING, I.; ASQUITH, P. D. *PSA 1978*. Vol. 1. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1978. p. 20-26.

MONTEIRO, J. *Hume e a epistemologia.* São Paulo: Editora UNESP, 2009.

SPRENGER, J. Hypothetico-Deductive Confirmation. *Philosophy Compass*, Vol. 6, 2011, p. 497-508.

STIGLER, S. M. The True Title of Bayes's Essay. *Statist. Sci.* Vol 28, no. 3, 2013, p. 283-288.

TALBOTT, W. Bayesian Epistemology. In: ZALTA, E. (ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2015 Edition). URL = <http://plato.stanford.edu/archives/sum2015/entries/epistemology-bayesian/>. Último acesso em 16 de abril de 2016.
VANKOV, A. A. Einstein's Paper: "Explanation of the Perihelion Motion of Mercury from General Relativity Theory". Disponível em: http://www.gsjournal.net/old/eeuro/vankov.pdf. Último acesso em 15 de setembro de 2016.
VICKERS, J. The Problem of Induction. In: In: ZALTA, Edward (ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy.* 2014. Disponível em: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/induction-problem/>. Último acesso em 27 de agosto de 2016.

Agradecimentos
Pedro Bravo de Souza agradece a FAPESP (Proc. 2016/03251-2) pelo apoio financeiro que possibilitou o desenvolvimento dessa pesquisa.