

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

DIEGO HENRIQUE FIGUEIRA DE MELO

KARL POPPER E O PROBLEMA DA PROBABILIDADE

BELO HORIZONTE
2015

DIEGO HENRIQUE FIGUEIRA DE MELO

KARL POPPER E O PROBLEMA DA PROBABILIDADE

Dissertação apresentada ao curso de mestrado do departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Filosofia.

Orientadora: Patrícia Maria Kauark Leite

BELO HORIZONTE
2015

O problema decorrente de inferências feitas a partir de uma probabilidade é muito mais complexo do que os problemas específicos tratados pelo cálculo de probabilidades. Somente um enfoque matemático obsessivo poderia resultar no preconceito segundo o qual probabilidade significa sempre frequência.

Outro erro foi aplicar ao problema da probabilidade o raciocínio indutivo usado nas ciências naturais. A tentativa de substituir a categoria de causalidade por uma teoria universal de probabilidade foi a característica principal de um fracassado sistema filosófico que alguns anos atrás estava muito em moda.

Ludwig Von Mises, *Ação Humana*.

Resumo

Este trabalho tem como meta o estudo e compreensão do papel da teoria da propensão (tese de Karl Popper) nos fundamentos do cálculo de probabilidade. Para a execução da proposta, o presente trabalho foi organizado em três partes. O primeiro capítulo se ocupa de fornecer uma revisão básica sobre fundamentos do cálculo de probabilidade e algumas de suas propriedades, nesta primeira parte também é abordado o debate entre *subjetivismo* e *objetivismo* na filosofia da probabilidade contemporânea, mostrando como as diferentes interpretações (clássica, lógica, subjetiva e frequencial) se encaixam no debate proposto. O segundo capítulo é dedicado ao problema da indução e a sua relação com algumas correntes probabilísticas, como a teoria lógica e freqüencial. O estudo parte do problema epistemológico da validação do raciocínio indutivo (começando por Hume e indo até as formulações contemporâneas) e apresenta possíveis soluções probabilísticas para essa questão. Nesta segunda parte também é estudado os ataques de Popper ao raciocínio indutivo, tanto no âmbito epistemológico quanto no âmbito probabilístico. No último capítulo a teoria da propensão é apresentada e analisada, bem como suas soluções para os problemas retratados ao longo do trabalho. A teoria da propensão se localiza na vertente objetivista do debate apresentado, ela nasce da necessidade que Karl Popper percebeu em fortalecer os argumentos da teoria da frequência contra os ataques subjetivistas.

Palavras-chave: Propensão. Fundamentos da Probabilidade. Objetivismo. Subjetivismo.

Abstract

This work has as its goal the study and understanding of the role of propensity theory (Karl Popper's thesis) in the fundamentals of probability calculus. For the execution of such proposal, this work was organized in three parts. The first chapter provides a basic review of fundamentals of probability calculus and some of its properties. In this first part it also addresses the debate between *subjectivism* and *objectivism* in contemporary philosophy of probability, showing how the different interpretations (classical, logical, subjectivist and frequentist) fit in the proposed debate. The second chapter is dedicated to the problem of induction and its relationship with some probabilistic approaches, such as logic and frequency theory. The study starts from the epistemological problem of inductive reasoning validation (from Hume to contemporary formulations) and shows possible probabilistic solutions to this issue. This second part also covers Popper's attacks on inductive reasoning, both in the epistemological perspective as in the probabilistic perspective. In the last chapter propensity theory is presented and analyzed, as well as its solutions to the problems portrayed throughout the work. Propensity theory subscribes to the objectivist camp of the present debate, it arised from the need Karl Popper found to strengthen the arguments of frequency theory against subjectivist attacks.

Keywords: Propensity. Fundamentals of Probability. Objectivism. Subjectivism.

Sumário

INTRODUÇÃO	7
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO AO PROBLEMA DAS INTERPRETAÇÕES DO CÁLCULO DE PROBABILIDADE	13
1.1. ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS DE PROBABILIDADE	13
1.1.1. OPERAÇÕES ENTRE EVENTOS (CONJUNTOS)	17
1.1.2. PROBABILIDADES CONDICIONAIS (RELATIVAS) E PROBABILIDADES ABSOLUTAS	21
1.2. <i>SUBJETIVISMO X OBJETIVISMO</i> : UMA BREVE INTRODUÇÃO AO DEBATE NA FILOSOFIA DA PROBABILIDADE	26
1.2.1. A TEORIA CLÁSSICA	29
1.2.2. A TEORIA LÓGICA	32
1.2.3. A TEORIA SUBJETIVA (OU: TEORIA INDIVIDUALISTA)	35
1.2.4. A TEORIA DA FREQUÊNCIA	39
CAPÍTULO 2 - INDUÇÃO E PROBABILIDADE	42
2.1. O PROBLEMA DA INDUÇÃO	42
2.1.1. A ABORDAGEM CONTEMPORÂNEA DO PROBLEMA DA INDUÇÃO	47
2.2. A INDUÇÃO PROBABILISTICAMENTE JUSTIFICADA	50
2.2.1. A RESPOSTA DA TEORIA LÓGICA: O BAYESIANISMO	51
2.2.2. A RESPOSTA DA TEORIA DA FREQUÊNCIA: O AXIOMA DA CONVERGÊNCIA	55
2.3. SOLUÇÕES E ATAQUES DE KARL POPPER	60

2.3.1. O RACIONALISMO CRÍTICO: ANTI-INDUÇÃO	60
2.3.2. EPISTEMOLOGIA EVOLUTIVA	62
2.3.3. POPPER, BAYESIANISMO E AXIOMA DA CONVERGÊNCIA	74
CAPÍTULO 3 - A TEORIA DA PROPENSÃO	80
3.1. O PROBLEMA DAS PROBABILIDADES SINGULARES	81
3.2. REINTERPRETANDO A TEORIA DA FREQUÊNCIA: A TEORIA DA PROPENSÃO DE KARL POPPER	84
3.3. PROPENSÕES PARA PROBABILIDADES SINGULARES E O DEBATE METAFÍSICO	90
3.3.1. A LÂMINA DE LANDÉ	92
3.3.2. O HEXSTAT	95
3.3.3. A DUPLA FENDA	98
CONCLUSÃO	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

Introdução

A presente dissertação se ocupa de investigar, principalmente, o problema dos fundamentos do cálculo de probabilidade e a resposta dada pela *teoria da propensão* do filósofo austríaco Karl Popper (1902-1994). O cálculo de probabilidade é uma ferramenta amplamente aplicada em quase todos os ramos do conhecimento atual, como relata o filósofo contemporâneo Van Fraassen:

A probabilidade não se encontra apenas na física. A teoria da probabilidade é amplamente utilizada na ciência hoje porque fornece os fundamentos da estatística, e os métodos estatísticos se tornaram uma ferramenta fundamental em todas as ciências, tanto puras quanto aplicadas. (2006, p. 281)

Nesse sentido pode-se dizer que compreender o papel que a teoria da probabilidade adquire em determinada teoria científica ajuda a compreender a própria teoria científica. Inferências estatísticas e previsões probabilísticas são amplamente utilizadas em ciências sociais e naturais, cabe ao filósofo da ciência o trabalho de se perguntar sobre o sentido que estes dados possuem, ou o que eles representam na teoria que estão sendo utilizados. Para o cientista que se utiliza dessa ferramenta matemática, a compreensão dos axiomas e técnicas do cálculo é mais útil para sua pesquisa habitual.

Pode-se dizer que a teoria da probabilidade é uma invenção moderna, portanto não foi desenvolvida na antiguidade e nem na idade média.

A questão da probabilidade não foi discutida e nem desenvolvida pelos gregos e nem tampouco por nenhum matemático antigo. Durante a idade média, o assunto não interessou a nenhum pensador. A primeira obra de que se tem notícia que abordou a probabilidade foi um manual de matemática, escrito no século XVI, pelo italiano Girolamo Cardano. Porém o assunto era tratado de forma superficial. (ARAUJO NETO, 2012, p.22)

Pode-se destacar vários pensadores modernos que tiveram importante papel na criação e evolução da teoria, como Pascal, Fermat, Leibniz, Laplace, Bernoulli e até Galileu. Sobre as divergências interpretativas nos fundamentos do cálculo, Hacking (2006, p. 11-17) mostra como a dualidade entre *subjetivismo* e *objetivismo* sempre esteve presente nos debates sobre probabilidade, desde seus primórdios, se consolidando como um dos grandes problemas dos fundamentos do cálculo de probabilidade¹. O texto aqui desenvolvido retoma essa dualidade apontada por Hacking através da perspectiva e colaboração de autores contemporâneos, principalmente Karl Popper. A escrita foi separada em três capítulos para facilitar a exposição aos leitores, segue-se um resumo e explicação de cada um dos capítulos como forma de introdução ao trabalho, bem como esclarecimentos sobre os assuntos tratados nos mesmos.

A primeira parte da dissertação se ocupa de revisar alguns conceitos básicos sobre cálculo de probabilidade. Definições simples, porém necessárias, são expostas para facilitar a leitura do texto. Conceitos como de *espaço amostral*, *eventos* e *conjuntos* são abordados logo no início, pois ao decorrer da exposição vários destes nomes serão utilizados demasiadamente. Outra distinção importante de se apontar é entre *probabilidades condicionais* e *probabilidades absolutas*, uma vez que toda discussão no desenrolar do trabalho será em torno das probabilidades condicionais. O conceito de probabilidade absoluta é vago e de difícil interpretação, não tendo muita importância e sentido no papel que a probabilidade tem em teorias científicas,

¹ Não é do interesse deste trabalho fornecer um *background* histórico sobre o assunto. Para quem tiver maior curiosidade sobre as origens desta teoria, o livro do Hacking (2006), citado na bibliografia deste trabalho, se mostra como uma excelente obra sobre a história da teoria da probabilidade.

seja nas ciências sociais quanto nas naturais. Após as definições apontadas serem introduzidas, será mostrada a dualidade apontada por Hacking entre *subjetivismo* e *objetivismo* nos fundamentos do cálculo de probabilidade, ou na *filosofia da probabilidade*, como alguns autores gostam de chamar. Gillies é um filósofo contemporâneo que se dedica a estudar esse debate, e seu livro *Philosophical theories of probability* (2000), uma referência para esse assunto, será usado, neste trabalho, para as devidas análises. Saber se o cálculo de probabilidade, em última instância, mede graus de crenças subjetivas ou estados físicos no mundo é um problema genuinamente filosófico que merece o devido esforço para a compreensão das diferentes vertentes e argumentos utilizados por cada pensador. É bom ressaltar que a dissertação não pretende apontar soluções para se resolver esse debate histórico, mas sim apresentá-lo ao leitor na medida em que a teoria da propensão popperiana foi elaborada tendo essa discussão como peça chave em sua motivação. O que a dissertação irá mostrar é como a teoria de Popper se encaixa no debate e responde a algumas críticas rivais. A vertente *subjetivista* será representada, aqui, pelas teorias *clássica*, *lógica* e *subjetiva*. A *teoria da frequência* e a *teoria da propensão* serão as representantes das interpretações *objetivistas*. A teoria clássica é uma das primeiras formulações teórico-matemáticas para o cálculo de probabilidades, sua elaboração se deve ao filósofo e matemático francês Pierre Simon Laplace (1749-1827), pela qual o pensador propôs relacionar a probabilidade de determinado acontecimento segundo a famosa razão entre números de casos favoráveis pelo número de casos possíveis, se tratando de eventos equiprováveis. A teoria lógica procura tratar a probabilidade em um âmbito linguístico, ou seja, nas formulações de hipóteses com conteúdos

probabilísticos, justificando a natureza do cálculo pelo grau de crenças racionais perante determinadas evidências. Como referência básica para esta teoria será utilizado o pensamento de um influente economista inglês do século XX, John Maynard Keynes (1883-1946), amigo próximo de Wittgenstein. A teoria subjetiva, formulada pelo filósofo inglês Frank Ramsey (1903 -1930) e pelo matemático italiano Bruno de Finetti (1906-1985), se propõe a justificar a natureza da probabilidade por graus de crenças individuais, resultando em uma espécie de subjetivismo exacerbado. A teoria da frequência, elaborada pelo matemático austríaco Richard Von Mises (1883-1953), defende um caráter objetivo para a justificação do cálculo de probabilidade. Segundo esta teoria, a probabilidade seria uma frequência relativa de eventos em determinado coletivo e a mesma seria um atributo físico da natureza a ser estudado.

O segundo capítulo tem como objetivo retomar o problema da indução e encará-lo através de uma perspectiva probabilística. Como de praxe, o pensamento do empirista e iluminista escocês David Hume (1711-1776) será trabalhado para introdução do problema. Após a exposição do pensamento humeano do problema da indução, a perspectiva contemporânea para este problema será apresentada, bem como suas possíveis soluções probabilísticas. Para isso será necessário focar em aspectos da teoria lógica e da teoria da frequência. Justificar o raciocínio indutivo utilizando a probabilidade foi uma tarefa levada a sério pelo positivismo lógico do século XX, com isso será necessário abordar as críticas de Karl Popper ao raciocínio indutivo, tanto no campo epistemológico como no campo probabilístico. Na epistemologia, serão tratados os argumentos de Popper contra o conhecimento obtido indutivamente, e para isso será necessário introduzir alguns conceitos

básicos do seu sistema filosófico, como o *racionalismo crítico* e sua *epistemologia evolutiva* para uma melhor compreensão da sua proposta teórica. Após a exposição das críticas epistemológicas de Popper contra a indução, será indispensável, também, mostrar sua crítica à tentativa probabilística de justificação do método indutivo. Portanto será considerado o ataque do filósofo ao *bayesianismo* da teoria lógica e ao *axioma da convergência* da teoria da frequência, apontando, assim, possíveis saídas e soluções para estas posições.

O último capítulo trata da teoria da propensão. Começando pelo problema das probabilidades singulares, ou seja, o problema de denotar características estocásticas para eventos únicos, será mostrado como este assunto influenciou diretamente a criação da teoria propensional. A teoria da propensão foi pensada por Popper na medida em que o filósofo percebeu a dificuldade que a única interpretação objetivista, a teoria frequencial, tinha perante suas “concorrentes” na tentativa de fornecer uma boa explicação para os casos singulares e, também, para o papel da probabilidade na física, tanto na clássica quanto na quântica. A teoria da propensão é postulada como uma posição mais ampla e geral que a teoria da frequência, e que esta seria derivada daquela em situações específicas. Com base na solução apresentada em *A lógica da pesquisa científica* para o problema do *axioma da convergência*, Karl Popper propõe uma interpretação ontológica para as *possibilidades* existentes na natureza, sendo que estas *possibilidades* seriam as causas das características frequenciais observadas nos coletivos estatísticos. Uma das grandes forças que a teoria da propensão possui é a de conseguir fornecer uma explicação satisfatória para as probabilidades

singulares dentro de uma perspectiva objetivista. Popper lança mão de um debate metafísico entre *determinismo* e *indeterminismo* para criticar as teorias subjetivistas e tentar robustecer sua proposta, mostrando que a teoria da propensão requer uma metafísica indeterminista de fundo. Ainda neste capítulo serão avaliados três casos experimentais pela ótica da teoria da propensão: a *lâmina de Landé*, o *hexstat* e a *dupla fenda*.

A teoria da propensão possui suas virtudes e vícios e o presente trabalho procura examinar onde a teoria ganha força explicativa e onde ela perde. Karl Popper enriqueceu o campo do debate sobre os fundamentos do cálculo de probabilidade, sendo que vários pensadores posteriores, que se propuseram a defender o campo objetivista, tiveram que se calcar na teoria popperiana para reformulações ou críticas.

CAPÍTULO 1

Introdução ao problema das interpretações do cálculo de probabilidade

Os fundamentos do cálculo de probabilidade não escapam de investigações filosóficas profundas e relevantes. O questionamento sobre as origens e necessidade do cálculo foi objeto de estudo para muitos matemáticos e filósofos, surgindo assim vertentes filosófico-matemáticas distintas que tentaram interpretar as bases da probabilidade. Gillies (2000) chega a afirmar no prefácio de sua obra que “a teoria da probabilidade tem ambos os aspectos, matemático e filosófico” (tradução nossa). O presente trabalho tem como meta avaliar a posição de Karl Popper no debate interpretativo e mostrar as qualidades e dificuldades de sua tese. Porém antes de iniciar a exposição, será necessário apresentar um breve resumo sobre conceitos básicos de fundamentos de probabilidade, para que o leitor possa se sentir mais familiarizado com os conceitos e vocabulários utilizados ao longo do texto.

1.1. Alguns conceitos básicos de probabilidade

Sobre o uso da probabilidade no cotidiano pode-se citar o seguinte

trecho:

Hoje em dia grande quantidade de jogos são oferecidos, entre os quais citamos, por exemplo: a loteria federal, a sena, a loteria esportiva. É natural que se pense nas chances de ganhar um prêmio antes de decidir em qual deles jogar.

Um torcedor de futebol procura avaliar as chances de vitória de seu clube antes de cada jogo de que ele participa. A loteria esportiva foi

criada em função do interesse do brasileiro por futebol e de sua paixão por jogos. Na loteria esportiva em cada rodada são escolhidos treze jogos e uma aposta consiste da escolha em cada jogo de um dos possíveis resultados, ou seja, vitória de um dos dois clubes ou empate.

Muitas vezes ao acordar nos perguntamos: será que vai chover? De um modo ou de outro atribuímos um valor à chance de chover e estão decidimos o tipo de roupa e se usaremos ou não um guarda-chuva conosco. (DANTAS, 2004, p.17)

Nesta passagem o autor explora situações onde é possível a aplicação do cálculo de probabilidade para o fornecimento de um resultado requerido, e são justamente essas situações, onde é possível a aplicação do cálculo, que interessa para as devidas análises.

A necessidade do uso de um modelo matemático probabilístico surge onde não é possível a aplicação de um modelo determinístico. Pode-se destacar as leis de Kepler e de Newton como exemplos. Meyer forneceu um bom exemplo de experimento determinístico. Assim ele afirma:

Em cada situação, o modelo especifica que as condições, sob as quais determinado fenômeno acontece, determinam o valor de algumas variáveis observáveis: a grandeza da velocidade, a área varrida durante determinado período de tempo etc. (...) Por exemplo, sabemos que, sob determinadas condições, a distância percorrida (verticalmente, acima do solo) por um objeto é dada por $s = -16t^2 + v_0t$, onde v_0 é a velocidade inicial e t o tempo gasto na queda. O ponto no qual desejamos fixar nossa atenção, não é a forma particular da equação acima (que é quadrática), mas antes o fato de que existe uma relação definida entre t e s , a qual determina univocamente a quantidade no primeiro membro da equação, se aquelas no segundo membro forem fornecidas. (MEYER, 1973, p.2)

Torna-se agora necessário explicar os *experimentos aleatórios*, no qual o modelo probabilístico (ou estocástico) deve ser aplicado. São chamados de *experimentos aleatórios* aqueles experimentos que, se repetidos sob as mesmas condições, não fornecem o mesmo resultado necessariamente. Meyer aponta uma lista de exemplos de experimentos aleatórios:

E1: Jogue um dado e observe o número mostrado na face de cima.

E2: Jogue uma moeda quatro vezes e observe o número de caras obtido.

E3: Jogue uma moeda quatro vezes e observe a sequência obtida de caras e coroas.

E4: Em uma linha de produção, fabrique peças em séries e conte o número de peças defeituosas produzidas em um período de 24 horas.

E5: Uma asa de avião é fixada por um grande número de rebites. Conte o número de rebites defeituosos.

E6: Uma lâmpada é fabricada. Em seguida é ensaiada quanto à duração de vida, pela colocação em um soquete e anotação do tempo decorrido (em horas) até queimar. (1973, p. 8)

Em todas estas situações se pode aplicar um modelo matemático probabilístico, pois por mais que se mantenha constante as condições geradoras, o resultado de um evento não pode ser previsto.

Em outras palavras, em um modelo determinístico empregamos “considerações físicas” para prever o resultado, enquanto que em um modelo probabilístico empregamos a mesma espécie de consideração para especificar uma distribuição de probabilidade (MEYER, 1973, p.4)

Outro conceito importante para o presente estudo é o de *espaço amostral*. Conforme define Dantas: “denominaremos *espaço amostral* associado a um experimento o conjunto de seus resultados possíveis” (2004, p. 19). Com isso o espaço amostral (S) correspondente ao lançamento de um dado honesto será:

$$S = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

O espaço amostral retrata todas as possibilidades de resultado de um experimento aleatório. Para ilustrar melhor, serão abordados dois exemplos:

Exemplo 1: Duas moedas distintas são lançadas consecutivamente sobre uma superfície. Tomando C como cara e \bar{C} como coroa, tem-se o seguinte espaço amostral:

$$S = \{CC, C\bar{C}, \bar{C}C, \bar{C}\bar{C}\}$$

Exemplo 2: Três moedas distintas são lançadas consecutivamente sobre uma superfície. Tomando C como cara e \bar{C} como coroa, tem-se o seguinte espaço amostral:

$$S = \{CCC, CCC, \bar{C}\bar{C}\bar{C}, \bar{C}\bar{C}C, \bar{C}C\bar{C}, \bar{C}C\bar{C}, \bar{C}C\bar{C}, \bar{C}C\bar{C}\}$$

Foram apresentados exemplos finitos para o espaço amostral, mas também são possíveis exemplos infinitos²:

Exemplo 3: Considere o espaço amostral correspondente ao número de e-mails recebidos por uma grande empresa em um determinado intervalo de tempo:

$$S = \{1, 2, 3, 4, \dots\}$$

Exemplo 4: O espaço amostral correspondente ao tempo de vida de uma lâmpada:

$$S = \{x \in \mathbb{R}, x \geq 0\}$$

O exemplo 3 corresponde a um espaço amostral infinito, porém enumerável, logo pode ser colocado em correspondência com o conjunto dos números naturais. Já o exemplo 4 retrata um espaço amostral infinito e não numerável, só se pode afirmar que o tempo de vida de uma lâmpada pertence ao conjunto dos números reais positivos.

² É óbvio que em certo intervalo de tempo o número de e-mails recebidos por uma empresa é finito. A questão trabalhada aqui é que para cada intervalo de tempo distinto se obtêm números de e-mails distintos, indefinidamente. O espaço amostral em um lançamento de um dado honesto é fechado e finito, já o espaço amostral correspondente ao número de e-mails de uma firma em determinado intervalo de tempo é aberto e infinito.

Agora que foi apresentada a definição de espaço amostral, é necessário introduzir o conceito de *evento*. Dantas assim explica: “denominaremos de evento a todo resultado ou subconjunto de resultados de um experimento” (2004, p. 21). Pode-se dizer que um evento é um subconjunto de um determinado espaço amostral. Pode-se considerar, como exemplo, o espaço amostral correspondente ao lançamento de um dado:

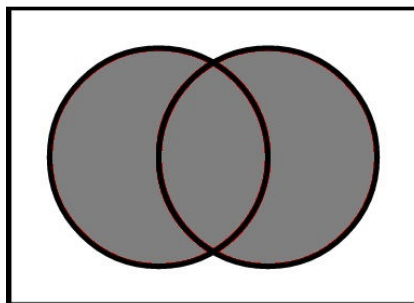
$$S = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

Se o resultado esperado no lançamento é de um número par, o evento (E) correspondente é:

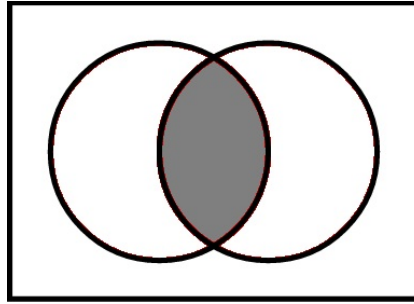
$$E = \{2, 4, 6\}$$

1.1.1. Operações entre eventos (conjuntos)

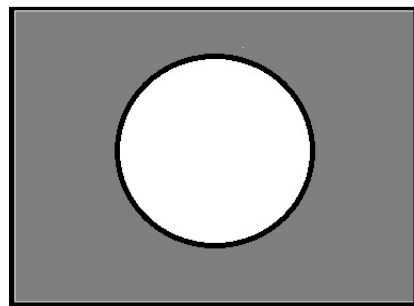
A união de dois eventos ($A \cup B$) acontece quando pelo menos um desses eventos ocorre e pode ser representada da seguinte maneira:



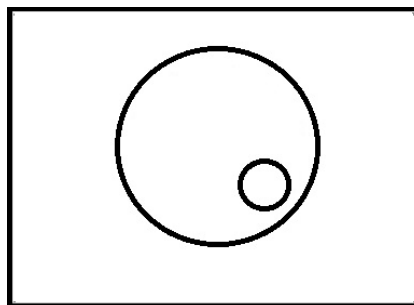
A interseção de dois eventos ($A \cap B$) acontece quando ambos os eventos ocorrem:



O complementar de um evento (A^c) ocorre quando o evento em questão não ocorre:



Um evento implica outro ($A \subset B$) quando o primeiro está contido no segundo, com isso para a ocorrência de A é necessário, também, a ocorrência de B :



Para explicar melhor as operações, será tomado o exemplo de Dantas:

Uma urna contém bolas enumeradas de um a quinze. Uma bola é retirada da urna e seu número anotado. Sejam A e B os seguintes eventos: A : o número da bola retirada é par, B : o número da bola retirada é múltiplo de 3. Determinemos os eventos $A \cup B$, $A \cap B$ e A^c . (2004, p. 22-23).

Primeiramente será apontado o espaço amostral do experimento proposto:

$$S = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$$

O evento A é:

$$A = \{2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}$$

O evento B é:

$$B = \{3, 6, 9, 12, 15\}$$

Logo a união dos eventos corresponde a:

$$A \cup B = \{2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15\}$$

A interseção é representada como se segue:

$$A \cap B = \{6, 12\}$$

O complementar do evento A é representado pelos eventos que ocorrem quando A não ocorre:

$$A^c = \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15\}$$

Dantas (2004, p.23) oferece quatro propriedades dessas operações:

a) $(A \cup B) \cap C = (A \cap C) \cup (B \cap C)$

b) $(A \cap B) \cup C = (A \cup C) \cap (B \cup C)$

c) $(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$

d) $(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$

Será importante demonstrar cada uma das propriedades apontadas acima.

Para isso x será considerado um determinado elemento de um dos eventos.

Pode-se então mostrar que:

$$\text{a) } x \in (A \cup B) \cap C \rightarrow x \in (A \cup B) \wedge x \in C$$

$$(x \in A \vee x \in B) \wedge x \in C \rightarrow (x \in A \wedge x \in C) \vee (x \in B \wedge x \in C)$$

$$(x \in (A \cap C)) \vee (x \in (B \cap C)) \rightarrow x \in (A \cup C) \cup (B \cap C)$$

Para fazer a demonstração foi requerido apenas que o elemento x pertencesse a ambos os lados da igualdade. Para iniciar, considerou-se x um elemento de $(A \cup B) \cap C$ e ao final foi constatado que ele também pertencia a $(A \cap C) \cup (B \cap C)$, confirmando assim a igualdade $(A \cup B) \cap C = (A \cap C) \cup (B \cap C)$.

Será obedecida a mesma estrutura para as outras três propriedades.

$$\text{b) } x \in (A \cap B) \cup C \rightarrow x \in (A \cap B) \vee x \in C$$

$$(x \in A \wedge x \in B) \cup x \in C \rightarrow (x \in A \vee x \in C) \wedge (x \in B \vee x \in C)$$

$$(x \in (A \cup C)) \wedge (x \in (B \cup C)) \rightarrow x \in (A \cup C) \cap (B \cup C)$$

$$\text{c) } x \in (A \cup B)^c \rightarrow x \notin (A \cup B)$$

$$(x \notin A \wedge x \notin B \rightarrow x \in A^c \wedge x \in B^c) \rightarrow x \in (A^c \cap B^c)$$

$$\text{d) } x \in (A \cap B)^c \rightarrow x \notin (A \cap B)$$

$$(x \notin A \vee x \notin B \rightarrow x \in A^c \vee x \in B^c) \rightarrow x \in (A^c \cup B^c)$$

Com os conceitos apresentados faz-se necessário prosseguir a exposição. Uma distinção importante e útil para a continuação da dissertação é entre *probabilidades condicionais* e *probabilidades absolutas*, porque toda

formalização das discussões teóricas ao longo do texto será em termos de probabilidades condicionais.

1.1.2. Probabilidades condicionais (relativas) e probabilidades absolutas

Este assunto é importante para a compreensão do debate entre *subjetivismo* e *objetivismo* na filosofia da probabilidade. As teses e discussões, muitas vezes, se direcionam no modo como são interpretados os componentes da estrutura das probabilidades condicionais. Denomina-se probabilidade condicional a seguinte situação:

$$p(A | B) = r, \text{ onde } 0 \leq r \leq 1.$$

Pode-se ler: a probabilidade do evento A ocorrer, sendo dado o evento B , é igual a r . Ou a probabilidade condicionada do evento A ocorrer, quando o evento B tiver ocorrido, é igual a r . Considerando $p(A \cap B) = p(AB)$, pode-se definir a $p(A | B)$ como:

$$p(A | B) = \frac{p(AB)}{p(B)}$$

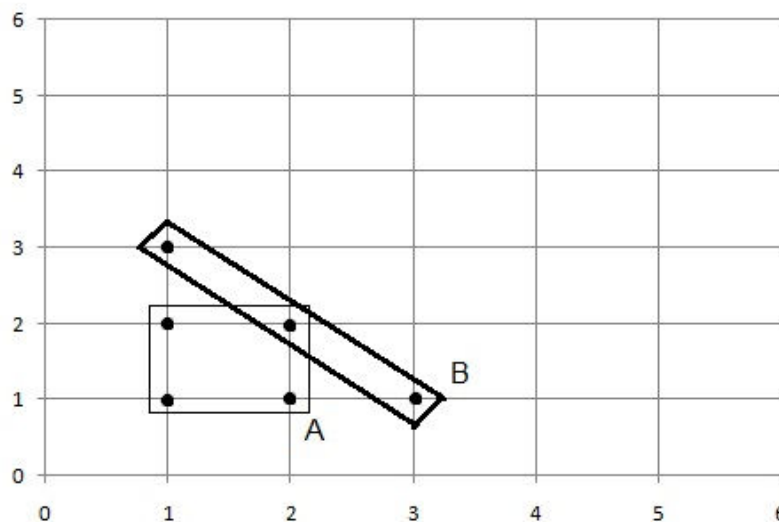
Tomando como referência o tópico 1.1.1 desta dissertação, onde foi visto as operações entre eventos, fica fácil perceber que a probabilidade do evento A ocorrer, tendo ocorrido o evento B , é a razão entre a probabilidade da ocorrência dos dois eventos ($A \cap B$) pela probabilidade de ocorrência do evento B . Da mesma forma pode-se dizer que:

$$p(B | A) = \frac{p(AB)}{p(A)}$$

A propósito desse assunto, Meyer comenta:

É importante compreender que isso não é um teorema (nós não demonstramos coisa alguma), nem é um axioma. Apenas introduzimos a noção intuitiva de probabilidade condicionada e, depois, estabelecemos uma definição formal daquilo que essa noção significa. (1973, p. 41)

Dantas oferece uma boa ilustração para esclarecer a noção de probabilidade condicional³:



Suponha que se queira calcular $p(B | A)$. Dizer que o evento A ocorreu é o mesmo que torná-lo o novo espaço amostral em questão, assim deve-se avaliar a probabilidade de B ocorrer sabendo que A já aconteceu. Tendo ciência da ocorrência de A , existem quatro possibilidades equiprováveis para a ocorrência do evento B , sendo uma delas a ocorrência que interessa.

Intuitivamente se sabe que $p(B | A) = \frac{1}{4}$, pois existe uma possibilidade de acerto em quatro possibilidades existentes. Utilizando a fórmula para o cálculo

³ DANTAS, 2004, p.46

de probabilidades condicionais, deve-se chegar ao mesmo resultado. A figura acima mostra que existem 36 possibilidades de pontos no plano, logo

$p(A) = \frac{4}{36}$ e $p(B) = \frac{3}{36}$, outra informação que podemos tirar do exemplo é que

$p(AB) = \frac{1}{36}$. Aplicando a fórmula da probabilidade condicional:

$$p(B | A) = \frac{\frac{1}{36}}{\frac{4}{36}} = \frac{1}{4}$$

Outra maneira de escrever a relação é:

$$p(AB) = p(A) p(B | A)$$

Dantas reforça que:

Esta expressão e sua generalização para uma interseção de n eventos permitem construir probabilidades em espaços amostrais que representam experimentos realizados em sequência, em que a ocorrência de um evento na k -ésima etapa depende das ocorrências nas $k - 1$ etapas anteriores. (DANTAS, 2004, p. 47)

Imagine uma caixa contendo cinco esferas azuis e quatro esferas vermelhas. Duas esferas são retiradas consecutivamente sem reposição. Para calcular, por exemplo, a probabilidade das duas esferas retiradas serem azuis, basta aplicar a relação $p(A_a B_a) = p(A_a) p(B_a | A_a)$, onde $p(A_a)$ é a probabilidade da primeira esfera retirada ser azul e $p(B_a)$ é a probabilidade da segunda esfera retirada também ser azul. Desta forma se tem a seguinte relação:

$$p(A_a B_a) = \frac{5}{9} \frac{4}{8} = \frac{5}{18}$$

Agora que já foi apresentada a noção básica de probabilidades condicionais, será mostrada a polêmica idéia de probabilidades absolutas. As

probabilidades absolutas são questionáveis para muitos autores, alguns chegam a dizer que tal conceito é vazio e sem sentido⁴. Porém é importante para a filosofia tentar dar um sentido para esse conceito, e é isso que Popper fez⁵. Pode-se considerar como probabilidade absoluta a seguinte estrutura:

$$p(A) = r, \text{ onde } 0 \leq r \leq 1$$

Onde se lê: A probabilidade do evento A ocorrer é igual a r . Ou a probabilidade absoluta do evento A ocorrer é igual a r .

Popper acerta ao dizer que essa notação “difícilmente poderá ser interpretada em termos de frequência” (POPPER, 1987, p. 290), afinal toda probabilidade pautada em frequência é por definição condicionada ao coletivo que está sendo observado⁶. Logo se percebe a complexidade com a qual um cientista se depara ao tentar fornecer um significado para esse conceito. Nas duas obras utilizadas como referência desta parte do trabalho⁷, nenhum dos autores abordaram o problema.

Popper sugere considerar as probabilidades absolutas como probabilidades lógicas:

A probabilidade lógica de um enunciado é complementar de seu grau de falseabilidade: aumenta com a redução do grau de falseabilidade. A probabilidade lógica 1 corresponde ao grau zero de falseabilidade, e vice-versa. O enunciado mais suscetível de teste, isto é, aquele com maior grau de falseabilidade é, logicamente, o menos provável; e o enunciado menos suscetível de teste é o logicamente mais provável. (POPPER, 2012, p. 128-129)

⁴ POPPER, 1987, p.290

⁵ Ibid.

⁶ Olhar item 1.2.4, onde a teoria freqüencial é trabalhada

⁷ Dantas (2004) e Meyer (1973). Apesar desses livros serem utilizados como bibliografia básica para cursos de probabilidade no ensino superior, o problema das probabilidades absolutas não é abordado.

Encarando semanticamente a relação $p(A) = r$, pode-se assumir que quanto menos o enunciado (evento) A disser algo (ou seja, quanto menor for o conteúdo do enunciado A), maior será o valor de r . Por outro lado, quanto maior for o conteúdo do enunciado A , menor será o valor de r . Sendo assim, afirma-se que, segundo a probabilidade lógica (semântica), a probabilidade de um enunciado é inversamente proporcional ao seu conteúdo.

Isto justifica-se pelo fato de a asserção A (amanhã vai chover) ser manifestamente mais provável do que a asserção AB (amanhã vai chover e estará sol de sábado a oito dias), desde que B não decorra de A (o que acontece, por exemplo, se for uma tautologia). (POPPER, 1987, p. 290)

Popper aceita a interpretação semântica para as probabilidades absolutas desde que elas estejam em uma relação complementar com os graus de falseabilidade dos enunciados. Outra forma de representar as probabilidades absolutas, segundo Popper, é colocá-las na forma de probabilidade condicional dada sua tautologia⁸. Tomando a contradição $A\bar{A}$, sua negação $\overline{A\bar{A}}$ configura uma tautologia, com isso é possível representar $p(A) = r$ da seguinte maneira:

$$p(A | \overline{A\bar{A}}) = r$$

Onde se pode ler: a probabilidade do enunciado A ocorrer, dado sua tautologia, é igual a r .

É fundamental fazer duas considerações sobre esse ponto. A primeira é que as discussões na filosofia da probabilidade se dirigem para o modo como as probabilidades *condicionais* são interpretadas, não abordando, portanto, o problema das probabilidades *absolutas*. O conceito foi introduzido na

⁸ POPPER, 1987, p. 290

dissertação para o enriquecimento do assunto e para fornecer maiores informações ao leitor sobre o tema. O outro ponto é que Popper critica a interpretação lógica das probabilidades *condicionais*, não das *absolutas*. Existe uma linha que tenta interpretar $p(A | B) = r$ de forma lógica⁹, sendo essa vertente um alvo das críticas popperianas.

1.2. *Subjetivismo x Objetivismo: uma breve introdução ao debate na filosofia da probabilidade*

Antes de iniciar a exposição é importante ressaltar que não é de interesse deste trabalho focar nos detalhes e nuances desse debate. Será fornecida uma visão geral e resumida para o leitor compreender melhor o objetivo deste trabalho, que é a análise da tese popperiana (interpretação da probabilidade em termos de *propensão*) e sua importância para a vertente objetivista no debate contemporâneo. Todo pensamento de Karl Popper relativo ao cálculo de probabilidades e seu fundamento teórico tem como *background* o debate a ser apresentado. Com isso se faz necessário esta exposição geral para o andamento do trabalho.

A filosofia da probabilidade foi um dos temas mais abordados por Popper. Ao longo de suas obras o assunto aparece em vários capítulos com análises minuciosas e fecundas. Pode-se afirmar que pouco mais da metade de *A Lógica da Pesquisa Científica* se ocupa de questões sobre probabilidade. Como Gillies observa:

⁹ O assunto é tratado no tópico 1.2.2 desta dissertação

Verifiquei essa afirmação utilizando a 6ª edição inglesa revista, de 1972, de *The Logic of Scientific Discovery*, e descobri que, das aproximadamente 450 páginas de texto, cerca de 250 se relacionam à probabilidade. (...) Parece, com efeito, que a filosofia da probabilidade era um dos temas preferidos de Popper e, como veremos, ele com certeza enriqueceu o campo com várias inovações notáveis. (1997, p.125)

Nota-se que em livros posteriores Popper continuou a trabalhar no assunto desenvolvendo novas teses e abordagens que enriqueceram o campo e a discussão.

Pode-se resumir o debate contemporâneo na filosofia da probabilidade, de forma simplista, com a seguinte pergunta: *a teoria da probabilidade é resultado de um estado epistêmico ou é propriedade do mundo?*

Gillies aponta quatro grupos teóricos, fundamentais, que tentam responder a essa pergunta, em suas palavras:

As quatro principais interpretações correntes são:

1 - A teoria *lógica* identifica a probabilidade com o grau de crença racional. Supõe-se que, dada a mesma evidência, todos os seres humanos racionais irão possuir a mesma crença em uma hipótese ou previsão.

2 - A teoria *subjéctiva* identifica a probabilidade com o grau de crença de um determinado indivíduo. Aqui já não é assumido que todos os seres humanos racionais, perante a mesma evidência, terão o mesmo grau de crença em uma hipótese ou previsão. As diferenças de opiniões são permitidas.

3 - A teoria da *frequência* define a probabilidade como sendo a frequência limite com que o resultado aparece em uma longa série de eventos similares.

4 - A teoria da *propensão*, ou pelo menos uma das suas versões, toma a probabilidade como sendo uma propensão inerente a um conjunto de condições reproduzíveis. Dizer que a probabilidade de um determinado resultado é p , é afirmar que as condições geradoras têm uma propensão de tal modo que, se elas pudessem ser reproduzidas repetidas vezes, elas iriam produzir uma frequência próxima de p . (2000, p. 1, tradução nossa)

Ele assume que se pode agrupar estas interpretações em dois grandes grupos:

1 – teorias *epistemológicas* (ou *epistêmicas*): Compostas pela teoria *lógica* e teoria *subjetiva*.

2 – Teorias *objetivas*: Compostas pela teoria da *frequência* (ou teoria *frequencial*) e teoria da *propensão* (ou teoria *propensional*).

As interpretações da probabilidade podem ser separadas em (1) epistemológicas (ou epistêmicas) e (2) objetivas. A diferença se segue. As interpretações epistemológicas da probabilidade se preocupam com o conhecimento ou crença dos seres humanos. Nesta abordagem a probabilidade pode medir o grau de conhecimento, o grau de crença racional, o grau de crença, ou algo do tipo. Claramente as interpretações lógica, subjetiva e intersubjetiva são epistemológicas. As interpretações objetivas da probabilidade, por outro lado, tratam a probabilidade como sendo uma característica objetiva do mundo, não tendo nada a ver com o conhecimento humano ou crença. Claramente a teoria da frequência e da propensão são objetivas. (2000, p. 2, tradução nossa)

Neste trabalho será usado o termo *subjetivo* no lugar de *epistêmico* para o primeiro grupo das interpretações retratadas por Gillies¹⁰. Deve-se ressaltar que existem autores, como Popper, que usam o termo *subjetivo* no lugar de *epistêmico*. Outro ponto relevante é que a probabilidade *lógica* é uma probabilidade *subjetiva racional*, logo a palavra *subjetiva* funciona tão bem quanto a *epistêmica*, sendo a escolha questão de preferência.

É fácil perceber que existem duas correntes distintas que tentam fundamentar o cálculo de probabilidade filosoficamente. Enquanto uma valoriza estados epistêmicos ou graus de crenças (racionais ou não) a outra afirma que a probabilidade é um aspecto do mundo físico objetivo. A filosofia da probabilidade se ocupa justamente em indagar e estudar os fundamentos do cálculo de probabilidade, fornecendo explicações epistemológicas e/ou ontológicas para esta área de conhecimento. Podem existir variadas

¹⁰ Carnap, em seu *Logical Foundations of probability* (1962), propõe separar estes grupos distintos da seguinte maneira: *probabilidade₁* e *probabilidade₂*, sendo a primeira o conjunto das interpretações epistêmicas e a segunda a interpretação em termos de frequência.

interpretações para o cálculo de probabilidade, mas cada uma dessas análises deverá assumir um dos lados apresentados, possuindo caráter *subjetivo* ou *objetivo*. Serão apresentadas, de forma breve, as seguintes interpretações: *clássica, lógica, subjetiva e frequencial*. A teoria da propensão (ou teoria *propensional*) será estudada no último capítulo desta dissertação.

1.2.1. A teoria clássica

Segundo Gillies¹¹, a teoria clássica da probabilidade possui características marcantes do iluminismo europeu, além de fortes concepções mecanicistas estimuladas pela física newtoniana. Laplace é um dos grandes representantes desta vertente interpretativa, sendo assim necessário relacioná-la com sua concepção determinista de mundo. Em uma famosa passagem, Laplace diz:

Podemos considerar o presente estado do universo como efeito do seu estado anterior e causa do seu estado futuro. Uma inteligência que, num dado instante, possa compreender todas as forças pela qual a natureza é animada e a respectiva situação dos seres que a compõe, e que, além disso, seja suficientemente capaz de submeter todos estes dados a análise, envolveria na mesma fórmula o movimento dos maiores corpos do universo e dos átomos mais leves. Para esta inteligência nada seria incerto, tanto o futuro quanto o passado estariam diante de seus olhos. (1995, p. 2, tradução nossa)

Esta *super inteligência* ficou conhecida na literatura como o *demônio de Laplace* e Popper o descreve da seguinte maneira: “O demônio de Laplace não é um deus onisciente; é simplesmente um super cientista” (1988, p. 48). Dotado de todas as fórmulas e condições iniciais corretas, tal inteligência

¹¹ 2000, p. 14.

poderia, com toda precisão, ter acesso a todos os estados da natureza, tanto do passado quanto do futuro.

Tendo como base o sucesso da mecânica de Newton e suas excelentes previsões principalmente em relação aos corpos celestes, Laplace *induziu* que em toda a natureza deveria haver *leis deterministas* que regulassem os movimentos, até mesmo em suas partes mais sutis (átomos e partículas). O determinismo e subjetivismo de Laplace podem ser encontrados na seguinte passagem do seu livro:

A trajetória de uma simples molécula de ar ou vapor é regulada de forma tão certa quanto as órbitas planetárias, sendo nossa ignorância a diferença entre elas.

A probabilidade é relativa, em parte, à nossa ignorância e, em parte, a nosso conhecimento. Suponha que, de três ou mais eventos, sabemos que apenas um deve ocorrer, mas nada nos leva a acreditar que um é mais provável que o outro. Neste estado de indecisão, é impossível para nós afirmarmos qualquer coisa sobre a ocorrência de algum. Contudo, é provável que um destes eventos escolhidos ao acaso não ocorra, porque há vários casos igualmente possíveis que excluem sua ocorrência, enquanto apenas um a seu favor. (1995, p. 3-4, tradução nossa)

Assim se pode concluir que, dentro do debate apresentado, Laplace se localiza no campo dos *subjetivistas* uma vez que ele justifica o uso da probabilidade pela ignorância humana. Para esse pensador e matemático, a natureza é regulada por leis que podem ser representadas em equações matemáticas deterministas. Logo, nas situações onde a mente humana não for capaz de compreender ao certo toda a estrutura fundamental da mesma, o cálculo de probabilidade se faz necessário. A diferença entre a previsão da trajetória da molécula em um gás e a previsão da trajetória de um planeta não está no mundo objetivo, mas na falta de conhecimento do homem. Em um universo completamente determinista, o cálculo de probabilidade é

desnecessário. Só terá sentido usá-lo se o homem for incapaz de encontrar as verdadeiras leis da natureza, assim pensava Laplace.

O cálculo concebido por Laplace só é relativo a número de casos igualmente possíveis, não tratando, assim, de situações que envolvam pesos distintos para eventos distintos. Gillies comenta que nessa visão “o cálculo de probabilidade pode apenas ser aplicado onde temos um número de casos igualmente possível” (2000, p. 17, tradução nossa). Laplace escreve que: “o primeiro dos princípios desta definição, como podemos ver, é a razão dos números de casos favoráveis pelo número de casos possíveis” (1995, p. 6, tradução nossa).

Suponha que de n eventos possíveis, m eventos são favoráveis ao resultado A , com isso se pode representar a probabilidade clássica da seguinte maneira:

$$p(A) = \frac{m}{n}$$

Para ilustrar melhor a definição apresentada, será retratado o clássico exemplo do lançamento de um dado honesto que possui seis faces homogêneas e geometricamente iguais. Com isso é possível calcular a probabilidade do resultado de um lançamento ser par da seguinte maneira: dentre as seis possibilidades existentes o evento favorável é $\{2, 4, 6\}$, que corresponde a três casos dos seis possíveis. De acordo com a definição clássica, a probabilidade de um lançamento ser par, $p(A)$, equivale a:

$$p(A) = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

Uma das grandes críticas a esta definição é justamente a impossibilidade de tratar situações onde as possibilidades de ocorrência de eventos em um determinado espaço amostral têm pesos distintos (como dados viciados), além de não conseguir trabalhar com eventos sem espaço amostral definido (como a probabilidade de uma determinada missão em outro planeta fracassar). Laplace foi um dos primeiros a formalizar o cálculo de probabilidades. Contudo essas situações não foram retratadas por ele em seu formalismo. Com isso, em teorias posteriores, vários pensadores se viram no desafio de fornecer explicações e interpretações para eventos desse tipo.

A teoria clássica pode ser formalizada em termos de probabilidade condicional da seguinte maneira:

$$p(A | B) = r, \text{ onde } r = \frac{n_A}{n_B} \text{ e } A \subset B$$

A leitura se dá da seguinte forma: a probabilidade do evento favorável A ocorrer, dado o evento possível B , é igual a r , onde r equivale à razão do número de elementos favoráveis do evento A (n_A) dentro do número de elementos possíveis do evento B (n_B). O evento A deve implicar o evento B , sendo esse constituído por elementos equiprováveis.

1.2.2. A teoria lógica

A idéia básica desta vertente interpretativa foi exposta rapidamente neste trabalho quando foi tratado o assunto sobre probabilidades absolutas

(tópico 1.1.2), no qual a idéia de conteúdo proposicional foi relacionada à noção de probabilidade. Para a teoria lógica a probabilidade é uma ferramenta que vincula conteúdos proposicionais de hipóteses a determinadas evidências. Esta relação não se dá no mundo físico objetivo, mas no âmbito da lógica (raciocínio). Wittgenstein comenta que “a probabilidade de uma hipótese é medida pelo número de indícios necessários para tornar vantajoso abandoná-la.” (2005, §229). Esta passagem mostra como defensores da teoria lógica interpretam a probabilidade de forma a relacioná-la com *hipóteses* e *evidências*. Com isso, pode-se dizer que a teoria lógica calcula a relação de vinculação de certas hipóteses com determinadas evidências através de um raciocínio indutivo. Pode-se chamar, também, essa vertente de *teoria lógica indutiva* ou *teoria semântica*. Os pensadores que estudaram esse tema tinham um profundo interesse em resolver um problema apontado por David Hume no século XVIII, que ficou conhecido na tradição filosófica contemporânea como *problema da indução*¹². Autores como Keynes, Russel, Jeffreys, Wittgenstein e Carnap são exemplos de tentativas de relacionar o cálculo de probabilidade com a lógica indutiva.

Wittgenstein comenta, em suas *Observações Filosóficas*, que:

A pergunta sobre o grau de simplicidade da obtenção de uma representação a partir de uma hipótese particular está diretamente ligada, creio eu, à questão da probabilidade. (§227)

Este grau de simplicidade de uma hipótese descrito por Wittgenstein é justamente o grau do seu conteúdo, com isso ele mostra que a probabilidade deve operar no âmbito lógico medindo conteúdos proposicionais. Carnap afirma, por sua vez, que “a probabilidade indutiva depende do observador e da

¹² O assunto será tratado no capítulo 2 desta dissertação

informação a seu dispor, não é simplesmente uma propriedade do objeto em si” (1973, p.21). Lendo estas citações fica claro perceber que a teoria lógica se localiza dentro da vertente *subjetivista* de interpretações do cálculo de probabilidade. A probabilidade lógica indutiva está intimamente vinculada à avaliação de hipóteses. Quanto mais se sabe sobre as condições de contorno de um dado evento, melhor é a hipótese que se pode fazer sobre ele. Carnap ressalta que “a probabilidade indutiva, por outro lado, não prediz frequências; é mais uma ferramenta para avaliar indícios em relação a uma hipótese” (1973, p.21). Vale lembrar que Popper aceita a interpretação lógica do seguinte caso: $p(h) = r$, onde a probabilidade absoluta de certa hipótese h ocorrer é inversamente proporcional ao seu conteúdo¹³. Porém a interpretação em questão se propõe a avaliar probabilidades condicionais do tipo $p(h | e) = r$, que pode ser lido como: a probabilidade da hipótese h ocorrer, dada a evidência e (ou o conjunto de evidências e), é igual a r . Keynes faz a seguinte observação sobre o processo dedutivo e indutivo:

Na medida em que assumimos que podemos julgar que a conclusão se segue, às vezes, das premissas; não é problema, imagino, supor que às vezes podemos reconhecer que a conclusão decorre em parte, ou está em relação probabilística, com as premissas.

Por outro lado, embora não possamos excluir todos elementos do julgamento direto, esses julgamentos devem ser limitados e controlados, talvez, por regras lógicas e princípios que possuam uma aplicação geral. (...) O objeto de um sistema lógico de probabilidade é que nos permite conhecer as relações, as quais não são facilmente reconhecidas, por meio de outras relações que podemos reconhecer mais claramente, para converter, de fato, conhecimento vago em conhecimento mais significativo. (1921, p. 57-58, tradução nossa)

Ele assume que a lógica indutiva, através do cálculo de probabilidade, nos fornece uma base racional para criar julgamentos (hipóteses) sobre eventos:

¹³ Cf. final do tópico 1.1.2 desta dissertação.

Esta parte do conhecimento que obtemos diretamente fornece as premissas para parte do argumento. A partir destas premissas podemos justificar algum grau de crença racional sobre todos os tipos de conclusões. Fazemos isso por perceber certas relações lógicas entre as premissas e as conclusões. O tipo de crença racional que inferimos desta forma é denominado provável (ou no limite da certeza), e as relações lógicas, que percebemos, colocamos em termos de probabilidade. (1921, p. 123, tradução nossa)

Assim a conclusão que se pode tirar é que para a teoria lógica da probabilidade, diante de certas evidências, qualquer ser humano deve ser capaz de extrair as mesmas hipóteses com determinado grau de aproximação probabilística.

A teoria Lógica pode ser formalizada em termos de probabilidade condicional da seguinte maneira:

$$p(A | B) = r$$

Pode-se ler: a probabilidade do conteúdo da hipótese A ser verdadeiro, dado(as) a(s) evidência(s) B , induz o resultado r . Podendo ser interpretado, também, como o grau r com o qual a(s) evidência(s) B corrobora(m) a hipótese A ¹⁴.

1.2.3. A teoria subjetiva (ou: teoria individualista)

O inglês Frank Ramsey e o italiano Bruno de Finetti são dois expoentes na defesa da teoria subjetiva (individualista) da probabilidade¹⁵. A teoria subjetiva da probabilidade se direciona contra os pressupostos da interpretação

¹⁴ Olhar capítulo 2, tópico 2.2.1

¹⁵ Gillies, 2000, p.50. Ele também ressalta que ambos desenvolveram simultaneamente a teoria de forma independente.

lógica, principalmente aquele que afirma que diante das mesmas evidências os seres humanos devem induzir o mesmo grau de probabilidade para determinadas hipóteses. Para a teoria subjetiva, tal pressuposto não tem sentido, sendo possível conceber diferentes indivíduos, perante as mesmas evidências, propondo probabilidades distintas para suas hipóteses.

A interpretação subjetiva da probabilidade abandona o pressuposto da racionalidade que conduz a um consenso. De acordo com a teoria subjetiva, diferentes indivíduos (Sra. A, Sr. B e Sr.C) perante a mesma evidência *e*, podem ter diferentes graus de crença em *h*. A probabilidade é, portanto, definida como o grau de crença de um indivíduo em particular, então não deveria se falar sobre a *probabilidade*, e sim sobre a probabilidade da Sra. A, a probabilidade do Sr. B ou a probabilidade do Sr. C. (GILLIES, 2000, p. 53, tradução nossa)

Neste sentido, este trabalho resolveu considerar a probabilidade subjetiva como uma *probabilidade individualista*, pois para essa vertente o indivíduo e suas informações são o centro das avaliações. O outro motivo do nome proposto é para diferenciar o nome do conjunto de teorias subjetivas da probabilidade de um dos nomes dos seus constituintes. Com isso pode-se dizer que a vertente subjetiva de interpretação do cálculo de probabilidade é composta pelas interpretações *clássica*, *lógica* e *individualista*.

Para a defesa da teoria individualista de Ramsey e De Finetti é necessário o fornecimento de um método capaz de medir o grau de crença de determinado indivíduo. Para isso Ramsey propôs um experimento de pensamento¹⁶ onde um equipamento imaginário (psicogalvanômetro) é usado para determinar a força da crença de um indivíduo em determinada proposição. Porém o mesmo conclui que tal método (se existisse) seria ineficaz, porque nem todas as crenças são acompanhadas de fortes sentimentos. Pode-se ilustrar esta situação com um exemplo trivial: um determinado indivíduo ao

¹⁶ Ibid., p. 53-54

ingerir um alimento tem uma forte crença que o mesmo irá alimentá-lo, tal crença deve ser próxima de um (1), e mesmo com este grau de crença elevado ele não tem sentimentos fortes sobre essa crença. Neste caso o “psicogalvanômetro” iria falhar ao relacionar estados sentimentais com estados de crenças. A saída proposta por Ramsey, que também é trabalhada por De Finetti, é medir o grau de crença através dos *quocientes de apostas*.

De Finetti propõe um modelo para se pensar os quocientes de apostas através de apostas com dinheiro¹⁷. Imagine que a Sra. A deseje saber o grau de crença do Sr. B na proposição *amanhã irá chover*. Para isso a Sra. A deve apostar com o Sr. B um valor que não seja pequeno o bastante em relação à fortuna do Sr. B nem grande o bastante em relação a mesma. O valor da aposta deve ser o suficiente para o Sr. B pensar seriamente em seu grau de crença na proposição. Se ele perder a aposta, o valor não trará prejuízo grande. Para exemplificar melhor a situação tome o seguinte exemplo imaginado: O Sr. B é torcedor do Celeste Esporte Clube de Minas Gerais (CEC) e seu amigo, Sr. C, torce para o Clube Alvinegro Mineiro (CAM). Sabe-se que nos últimos anos, o CEC ganhou todos os jogos que disputou contra o CAM. O Sr. B e o Sr. C vão assistir ao primeiro jogo do ano corrente entre CEC e CAM juntos e resolvem fazer uma aposta no modelo apresentado acima. Outra informação importante é que neste ano o CEC não vem apresentando um bom futebol, já o CAM vem fazendo boas partidas. As evidências são as mesmas para os dois torcedores, ambos sabem da supremacia do CEC nos últimos anos, sabem da queda de rendimento do CEC na presente data e da boa fase do CAM na mesma. Mesmo assim, os torcedores podem propor

¹⁷ Ibid., p. 55-59

quocientes de apostas distintos perante as mesmas evidências e ao valor da aposta estipulado. O que deve possuir mais peso nas análises? A supremacia de um time ou a atual fase do outro? Para essa vertente interpretativa, é o indivíduo que determina e pondera os devidos pesos.

Ramsey assume que a probabilidade individualista não abrange todas as situações. Logo existem casos onde existem probabilidades objetivas (frequências). Já para De Finetti, só existem as probabilidades subjetivas.

David Hume, em sua *Investigação acerca do entendimento humano* (1999), fez uma defesa do caráter subjetivista que existe no cálculo de probabilidades, ele disse que: “embora não haja tal coisa como o acaso no mundo, nossa ignorância da causa real de qualquer evento tem igual influência sobre o entendimento gerando equivalente tipo de crença ou opinião” (p. 71-72). O filósofo assume que o acaso não existe no mundo objetivo, logo seria fruto da ignorância humana.

A teoria subjetiva (individualista) pode ser formalizada em termos de probabilidade condicional da seguinte maneira:

$$p(A | B) = r$$

Onde se pode ler: o grau de crença do indivíduo x em A, dado as informações relevantes (B) para ele, equivale a r. Sendo r o seu quociente de aposta.

1.2.4. Teoria da frequência

Hans Reichenbach (1891-1953) e Richard Von Mises são dois pensadores representantes desta abordagem interpretativa¹⁸. Será tratado aqui, seguindo Popper e Gillies, apenas a versão desenvolvida por Von Mises.

Gillies faz a seguinte consideração:

Na abordagem lógica, a teoria da probabilidade é vista como um ramo da lógica, como extensão da lógica dedutiva para o caso indutivo. Na abordagem subjetiva, a teoria da probabilidade é relacionada com o grau de crença de um indivíduo particular. Em contraste com estas duas visões, a abordagem frequencial vê a probabilidade como uma ciência matemática, como a mecânica, porém trabalhando com uma gama diferente de fenômenos observáveis. (2000, p. 89, tradução nossa)

Percebe-se que a teoria da frequência, diferentemente das interpretações subjetivas, se preocupa com o mundo objetivo, possuindo uma formulação e interpretação parecida com teorias das ciências naturais. Assim como a mecânica se ocupa da interpretação dos movimentos do mundo objetivo, a teoria da probabilidade frequencial tratará a probabilidade como fenômeno deste mesmo mundo. Mises escreve no prefácio de sua obra:

A essência desta nova idéia que apareceu em 1919 (embora fosse até certo ponto esperado por A. A. Cournot na França, John Venn na Inglaterra e Georg Helm na Alemanha) foi considerar a teoria da probabilidade como ciência da mesma forma que a geometria ou a mecânica teórica. Em outras palavras, assim como o objeto da geometria é o fenômeno espacial, a teoria da probabilidade lida com fenômenos de massa e repetíveis. (1981, p. v, tradução nossa)

É interessante compreender a noção de *coletivo* proposta por Mises para uma melhor assimilação de sua tese. Ele diz que este termo “denota uma sequência de eventos uniformes ou processos que se diferem por certos atributos observáveis” (1981, p. 12, tradução nossa). O coletivo é o conjunto de

¹⁸ Ibid., p. 88

eventos que respeitam o *axioma da aleatoriedade*¹⁹ e o *axioma da convergência*²⁰, tornando-se assim a classe de referência para o cálculo da frequência relativa. O axioma da aleatoriedade garante a independência dos eventos de um determinado coletivo. Ele afirma que a ocorrência de um evento não altera a probabilidade de ocorrência de outro evento no coletivo em questão. Em um lançamento de um dado honesto, o resultado de um lance não influencia (altera a probabilidade) do próximo resultado. É interessante notar que mesmo no lançamento de um dado viciado é respeitado o axioma da aleatoriedade, porque os lançamentos continuam a ser independentes. sendo assim, a teoria frequencial consegue calcular a probabilidade para cada face do dado viciado de forma eficaz. Com isso não importa se existem pesos distintos para a ocorrência de eventos em um determinado coletivo, o importante é que eles sejam independentes.

Meyer (1973, p. 47-48) fornece as seguintes condições (c1 e c2) para dois eventos serem considerados independentes:

$$c_1 : p(A | B) = p(A) \text{ e } p(B | A) = p(B)$$

$$c_2 : p(A \cap B) = p(A)p(B)$$

Para a exposição do axioma da convergência (ou axioma do limite), será considerada a seguinte situação: um coletivo é composto por um grande número de lançamentos de um dado viciado, e sendo respeitado o axioma da aleatoriedade, o axioma da convergência informa que a frequência relativa de um determinado evento (e.g. ocorrência do número 2) neste coletivo tende para

¹⁹ MISES, 1981, p.26

²⁰ Ibid., p.14

um valor limite, resultante de um processo indutivo, o qual representa a probabilidade da ocorrência do evento quando o número de lançamentos neste coletivo tenderem ao infinito²¹.

Pode-se concluir que, para Mises, a probabilidade é uma frequência limite de um evento em um coletivo onde os axiomas da aleatoriedade e da convergência são respeitados. A teoria frequencial pode ser apresentada na forma de probabilidade condicional da seguinte maneira:

$$p(A | B) = r, \text{ onde } r = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{n_A}{m}$$

Onde se pode ler: a probabilidade de *A*, dado o coletivo *B*, equivale a *r*. Onde *r* é a frequência limite do evento *A* no coletivo *B* quando o número de eventos do coletivo *B* (*m*) tendem ao infinito.

Além das divergências interpretativas relacionadas aos fundamentos do cálculo de probabilidade pode-se destacar, também, o problema da indução. O cálculo de probabilidade foi utilizado como forma para justificação da indução. Com isso, para o estudo desse ponto será importante retomar o problema da indução e suas possíveis soluções probabilísticas. As divergências teóricas apresentadas neste capítulo se mostram importantes para a exposição e compreensão das soluções probabilísticas para o método indutivo que serão trabalhadas no próximo capítulo.

²¹ “Se atirmos uma moeda à sorte, seremos incapazes de dizer se dará cara ou coroa. Entretanto, se atirmos um grande número *N* de moedas, podemos, com boa aproximação, dizer que teremos *N*/2 caras e *N*/2 coroas, metade caras e metade coroas. O erro nessa predição decresce quando *N* cresce.” (CHAVES, 2005, p. 211)

CAPÍTULO 2

Indução e probabilidade

Com base nos conceitos apresentados no capítulo anterior, esta parte do trabalho relaciona o problema da indução com vertentes interpretativas do cálculo de probabilidade. Na primeira parte deste capítulo será apresentada uma visão geral sobre o problema da indução de um ponto de vista epistemológico. Para a execução da proposta será retomado o pensamento de David Hume, empirista escocês que primeiro estudou esse assunto. Na segunda parte do capítulo será avaliado como algumas interpretações do cálculo de probabilidade (frequencial e lógica) lidam com o problema da indução. Para finalizar, serão mostradas as críticas de Karl Popper ao pensamento indutivo, à lógica indutiva e ao axioma da convergência na forma como é tratado pela teoria frequencial padrão.

2.1. O problema da indução

Para introduzir o problema será considerada a seguinte pergunta:

dada nossa experiência sensorial corrente, como podemos justificar inferências a partir dela e de nossos registros do passado para o futuro e para os tipos de leis científicas e teorias que procuramos? (ROSENBERG, 2009, p. 150)

Diferentes pensadores forneceram respostas distintas para esta questão que persegue a epistemologia e os fundamentos da ciência desde Hume. O

problema da indução, como foi batizado pela tradição filosófica contemporânea, não teve este nome devido a Hume²². Pode-se dizer que o problema de Hume era o *problema das inferências causais*, que posteriormente teve seu nome alterado.

Assim como John Locke (1632-1704) e George Berkeley (1685-1753), David Hume buscou fundamentar a ciência e o conhecimento na experiência sensível. É claro que as teses empiristas desses três pensadores possuem diferenças consideráveis, mas todos partem da sensibilidade como ponto comum. Segundo Monteiro, “Hume conceberia as teorias científicas como uma espécie de ‘digestão’ de observações” (2009, p.26). Sendo assim, as sensações observáveis constituem os fundamentos da epistemologia humeana.

Para o empirista escocês, os objetos de investigação humana podem ser divididos entre *relações de idéias* e *relações de fatos*²³. O primeiro se ocupa das relações puramente racionais, como os conceitos e teoremas da geometria bem como a álgebra linear. Pode-se se dizer que todo juízo produzido neste âmbito é demonstrativamente válido e universal. Já o segundo grupo se ocupa com o estudo dos fenômenos empíricos, ou seja, os fenômenos que são captados pelos sentidos. Segundo Hume, “todos os raciocínios que se referem aos fatos parecem fundar-se na relação de causa e efeito.” (1999, p. 49). Com isso, o pensador iluminista direciona seus esforços para a compreensão desta relação causal que funda parte do conhecimento que o homem produz. Para Hume, o entendimento humano, em relação às *questões de fato*, opera sempre

²² MONTEIRO, 2009, p.27

²³ HUME, 1999, p. 47.

produzindo inferências causais. Ele exemplifica esta característica de várias maneiras:

Um homem, ao encontrar um relógio ou qualquer outra máquina numa ilha deserta, concluiria que outrora havia homens na ilha. (...) A audição de uma voz articulada e de uma conversa racional na obscuridade nos dá a segurança sobre a presença de alguma pessoa. Se analisarmos todos os outros raciocínios desta natureza, encontraremos que se fundam na relação de causa e efeito e que esta relação se acha próxima ou distante, direta ou colateral. (HUME, 1999, p. 49)

Conclui-se que a mente humana, ao se direcionar para o mundo na tentativa de compreendê-lo, produz inferências causais naturalmente. Se se observa árvores e madeiras carbonizadas em determinada floresta, automaticamente se infere a presença de fogo num tempo passado naquela região. Monteiro descreve esse processo da seguinte maneira:

Se baseados na observação passada fomos capazes de inferir que o fogo produz calor, e se amanhã entrarmos numa sala e experimentarmos uma sensação de calor, não precisaremos olhar para o fogo da lareira para saber que ele está lá, causando nossa sensação. Aquelas inferências permitem-nos descobrir as causas antes que elas “se descubram” a si mesmas perante nossos sentidos: a inferência age como substituto da observação direta. Mas isso pressupõe a observação anterior de uma conjunção regular entre duas espécies de objetos ou eventos observáveis, as quais pertencem tanto o efeito particular observado como a causa que com base nele podemos inferir. A observabilidade é uma condição necessária para que uma causa possa ser qualificada como um termo utilizável em uma inferência. (2009, p. 31-32).

Assim funciona o conhecimento para o pensador escocês. Desvendar a natureza das inferências causais, ou seja, “investigar como chegamos ao conhecimento de causa e efeito” (HUME, 1999, p. 49) significa compreender a faculdade de conhecimento humana.

O próximo passo de Hume será mostrar, contra o racionalismo, que a natureza das inferências causais se funda na experiência, não sendo produto da razão, ou seja, não se apresentando como um raciocínio *a priori*. Assim diz Hume:

Apresente-se um objeto a um homem dotado, por natureza, de razão e habilidades tão fortes quanto possível; se o objeto lhe é completamente novo, não será capaz, pelo exame mais minucioso de suas qualidades sensíveis, de descobrir nenhuma de suas causas ou seus efeitos. (1999, p. 50)

Neste trecho pode-se dizer que o iluminista escocês deseja defender a idéia de que a natureza das inferências causais é fruto das experiências sensíveis, logo nenhuma qualidade existente nos objetos (fluidez, transparência, cor, etc.) é capaz de justificar as inferências que deles se extraem. A inferência da existência de calor ao se observar uma chama não é fruto de nenhuma qualidade presente na chama, mas é resultado de um acúmulo de percepções onde todas as chamas observadas, até o momento, foram acompanhadas das sensações de calor. As inferências causais produzidas por fatos que são conhecidos resultam, assim, de várias experiências passadas com os mesmos fenômenos. Diante de um objeto desconhecido, por mais que a vontade de encontrar causas e efeitos se apresente, uma inferência jamais poderá ser produzida. As qualidades existentes no novo fenômeno observado não garantem uma ligação causal com qualquer outro fenômeno. Logo a única forma de fundar essa relação é através da experiência.

Se qualquer objeto nos fosse mostrado, e se fôssemos solicitados a pronunciar-nos sobre o efeito que resultará dele, sem consultar observações anteriores; de que maneira, eu vos indago, deve o espírito proceder nesta operação? Terá de inventar ou imaginar algum evento que considera como efeito do objeto; e é claro que esta invenção deve ser inteiramente arbitrária. O espírito nunca pode encontrar pela investigação e pelo mais minucioso exame o efeito na suposta causa. Porque o efeito é totalmente diferente da causa e, por conseguinte, jamais pode ser descoberto nela. (HUME, 1999, p. 51)

Nesta passagem, o filósofo deseja mostrar que causa e efeito são eventos distintos e que a razão, sem a experiência, nunca conseguirá produzir relações causais entre eventos diferentes. Depois de justificar a experiência como fundamento das inferências causais sobre as questões de fato, resta para

Hume responder a seguinte pergunta que ele mesmo propõe: “*qual é o fundamento de todas as questões derivadas da experiência?*” (HUME, 1999, p. 53), ou seja, se a inferência causal é de natureza empírica, qual é o fundamento das questões relativas a esta natureza empírica? Como se pode justificar o conhecimento obtido através da experiência sensorial? É justamente para este tipo de pergunta que o filósofo escocês fornece uma solução negativa.

Hume se posiciona da seguinte forma:

Nossos sentidos nos informam a cor, o peso e a consistência do pão, porém, nem os sentidos e nem a razão jamais podem informar-nos sobre as qualidades que o fazem apropriado para alimentar e sustentar o corpo humano. (...) Se nos fosse mostrado um corpo de cor e consistência análogas às do pão que havíamos comido anteriormente, não teríamos nenhum escrúpulo em repetir o experimento, prevendo com certeza que ele nos alimentará e nos sustentará de maneira semelhante. (1999, p. 54)

Quando uma pessoa afirma: tenho encontrado em todos os casos anteriores tais qualidades sensíveis conjugadas tais poderes ocultos; e quando assevera: qualidades sensíveis semelhantes estarão sempre conjugadas com poderes ocultos semelhante, não pode ser acusada de tautologia, pois estas proposições diferem em todos os aspectos. (1999, p. 55)

Ele propõe um *critério de semelhança* para as proposições de inferências causais. Estas proposições devem admitir, implicitamente, que o futuro se assemelhará ao passado. Logicamente não se pode justificar o critério de semelhança empiricamente²⁴, pois as inferências causais fundadas na experiência partem do pressuposto do critério de semelhança. Para o escocês, o *hábito*, ou o *costume*, é o princípio responsável pelas inferências causais. Com isso, perante um determinado evento, a mente opera o mesmo raciocínio

²⁴ É inconcebível, portanto, que nenhum argumento tirado da experiência possa provar a semelhança do passado com o futuro, já que estes argumentos se baseiam na suposição daquela semelhança. (HUME, 1999, p. 57)

que produziu para eventos semelhantes no passado e infere as causas ou efeitos para o evento em questão.

O costume é, pois, o grande guia da vida humana. É o único princípio que torna útil nossa experiência e nos faz esperar, no futuro, uma série de eventos semelhantes àqueles que apareceram no passado. Sem a influência do costume, ignoraríamos completamente toda questão de fato que está fora do alcance dos dados imediatos da memória e dos sentidos. (HUME, 1999, p. 63).

Assim o filósofo demonstra a importância do hábito para o conhecimento humano, sendo este fundado na experiência sensível e nas expectativas de semelhança temporal.

2.1.1. A abordagem contemporânea do problema da indução

Será mostrado agora como o problema da indução se apresenta na filosofia da ciência e epistemologia contemporâneas. Ao contrário da universalidade e necessidade de um raciocínio dedutivo, a indução carece destes atributos que a tornaria um modelo de raciocínio incontestavelmente aceito. Assim Chalmers caracteriza o princípio da indução:

Minha descrição do princípio de indução diz: “Se um grande número de As foi observado sob uma ampla variedade de condições, e se todos esses As observados possuíam sem exceção a propriedade B, então todos os As possuem a propriedade B”. (2011, p.35)

A seguir serão mostradas três maneiras de formalização do princípio da indução e depois será exposto o problema da justificação. Pode-se formalizar a indução das seguintes formas:

i)

A_1 tem a propriedade B
 A_2 tem a propriedade B
 A_3 tem a propriedade B
 ...
 A_n tem a propriedade B

 A tem a propriedade B

ii)

$$BA_1 \wedge BA_2 \wedge BA_3 \wedge \dots \wedge BA_n \rightarrow \forall ABA$$

iii)

$$\sum_{x=1}^n BA_x \rightarrow \forall ABA$$

Será usada a última formulação como modelo para avaliação do raciocínio indutivo. Observe que na estrutura como a terceira formalização foi apresentada se pode ler: se o somatório de todas as n observações informa que A tem a propriedade B , então todo A tem a propriedade B . Um ponto que não será abordado agora é que para o princípio da indução “funcionar” o n tem que ser suficientemente grande, o que se torna um dos pontos de ataque para pensadores contrários à validade desse tipo de argumento e ao mesmo tempo o ponto de apoio para os defensores que utilizam a probabilidade como saída, como será visto mais a frente (tópico 2.2).

Para a compreensão do problema da justificação da indução tome S como sendo uma situação onde a indução funcionou e R_i como sendo esse

processo de raciocínio indutivo. Parece que para justificar a indução o seguinte raciocínio é feito:

$$\sum_{x=1}^n R_i S_x \rightarrow \forall S R_i S$$

Pode-se ler: se o somatório de todas as n situações justifica o raciocínio indutivo, então a indução é válida em todas as situações.

O problema da indução se apresenta justamente na tentativa de justificação da mesma, pois parece que o método mais forte para argumentar a favor do raciocínio indutivo requer *o mesmo* raciocínio indutivo. Nas palavras de Chalmers:

A justificação acima, da indução, é totalmente inaceitável, como demonstrou David Hume já em meados do século XVIII. O argumento proposto para justificar a indução é circular porque emprega o próprio tipo de argumento indutivo cuja validade está supostamente precisando de justificação. (2011, p. 37)

Conclui-se que, desta maneira, a justificação do raciocínio indutivo se apresenta como uma falácia lógica porque se pauta em um argumento circular. Hume se expressou contrariamente à existência de um fundamento racional para esse tipo de procedimento, mostrando que a indução só pode ser justificada por meios psicológicos, ou seja, não lógicos. Para defensores da indução como fundamento da ciência e/ou como um tipo de formalismo racionalmente válido, a proposta humeana se mostra como absurda, pois se a ciência se fundamenta indutivamente e a indução possui justificativas meramente psicológicas (como o hábito), então os fundamentos da ciência não se encontrariam no campo lógico ou racional, mas no âmbito psicológico ou irracional.

Tendo como pano de fundo o empirismo lógico, alguns pensadores do século passado desenvolveram soluções para o presente problema, e vários deles utilizaram a probabilidade como ferramenta para a justificação do procedimento indutivo. Como já foi apresentado, existem diversas interpretações para o cálculo de probabilidade, porém agora será analisada a defesa do raciocínio indutivo por parte da interpretação lógica e da interpretação frequencial.

2.2. A Indução probabilisticamente justificada

Este tópico focará na relação entre probabilidade e indução através de duas propriedades de teorias probabilísticas, a saber: o *bayesianismo* da teoria lógica e o *axioma da convergência* da teoria da frequência. Ambas as características fornecem respostas distintas ao problema da indução. Partindo da probabilidade como pano de fundo, o bayesianismo tratará o assunto nos moldes da interpretação lógica como foi apresentada no tópico 1.2.2 deste trabalho, ou seja, abordará o problema de um ponto de vista subjetivista e racional. Já o axioma da convergência tratará o assunto de um ponto de vista empirista, dentro das características da teoria frequencial como descrito no tópico 1.2.4 deste trabalho.

2.2.1. A resposta da teoria lógica: o bayesianismo

Assim Chalmers caracteriza o raciocínio indutivo probabilisticamente fundamentado:

Se é adotada esta versão modificada da indução, então o princípio de indução será substituído por uma versão probabilística que dirá algo como: “se um grande número de As foi observado sob uma ampla variedade de condições, e se todos esses As observados, sem exceção, possuíam a propriedade B, então todos os As provavelmente possuem a propriedade B”. (CHALMERS, 2011, p. 40)

A conclusão apresentada é de cunho indeterminístico, pois se afirma que os As possuem, *provavelmente*, a propriedade B; com isso cabe à teoria lógica apontar meios pelos quais se pode obter um valor (entre zero e um) para designar a palavra *provavelmente* utilizada na conclusão.

Os defensores da teoria lógica (como forma de interpretação do cálculo de probabilidade) se inspiram nas análises e teorema de Bayes²⁵ para interpretação e compreensão do método indutivo. Como foi mostrado no tópico 1.2.2, a teoria lógica deseja estudar a relação $p(h | e) = r$, dada determinada(s) evidência(s) e, qual a probabilidade r que se pode atribuir à hipótese h .

A probabilidade condicional de h dado e é escrita como $P(h | e)$. O objetivo da escola bayesiana é procurar métodos de calcular $P(h | e)$. Isso, os bayesianos pensam, forneceria fundamentos para as inferências indutivas da evidência para a hipótese que ocorrem na ciência e na vida cotidiana. (GILLIES, 2000, p. 36, tradução nossa)

Ainda sobre esta tentativa bayesiana de explicar a indução, Chalmers tece o seguinte comentário:

Não obstante, embora generalizações às quais se chega por induções legítimas não possam ser garantidas como perfeitamente verdadeiras, elas são *provavelmente* verdadeiras. À luz das

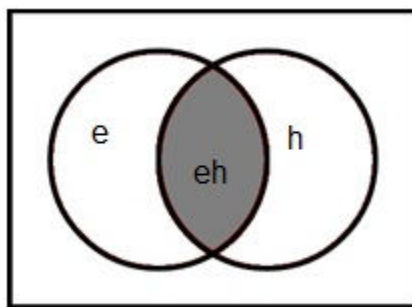
²⁵ “Embora o teorema de Bayes remonte ao século XVIII, tendo sido introduzido no cálculo de probabilidade pelo matemático e reverendo Thomas Bayes (1702-1761), somente por volta de meados do século XX sua importância como ferramenta estatística em certos tipos de problemas passou a ser dessa forma reconhecida.” (BEKMAN & COSTA NETO, 2009, p. 3)

evidências, é muito provável que o Sol sempre vai se por em Sidney, e que as pedras vão cair para baixo ao serem atiradas. Conhecimento científico não é conhecimento comprovado, mas representa conhecimento que é provavelmente verdadeiro. (2011, p. 40)

Rosenberg faz a seguinte consideração sobre o teorema de Bayes:

Grosso modo, “a probabilidade condicional de h sobre e ” mede a proporção da probabilidade de que e seja verdadeira, que “contém” a probabilidade de que h também seja verdadeira (2009, p. 167).

Para ilustrar e explicar melhor a passagem anterior será mostrado como essa questão da *proporcionalidade* se comporta na teoria utilizando um diagrama de Venn para a exposição:



Tomando e como evidência, h como hipótese e eh como sendo $e \cap h$; pode-se dizer que a área da evidência equivale à área da hipótese neste caso. A $p(h | e)$ equivale à $p(e | h)$ ²⁶, com isso a relação abaixo pode ser feita:

$$p(h | e) = \frac{p(he)}{p(e)} \quad \& \quad p(e | h) = \frac{p(he)}{p(h)}$$

Ou seja:

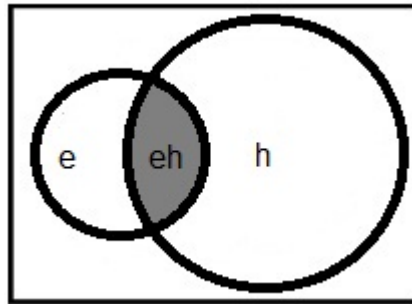
$$\frac{p(he)}{p(e)} = \frac{p(he)}{p(h)}$$

Pode-se dizer que a proporção é a mesma para $p(h | e)$ ou $p(e | h)$, pois a interseção eh representa, proporcionalmente, a mesma área no diagrama da

²⁶ O formalismo das probabilidades condicionais foi apresentado no tópico 1.1.2 dessa dissertação.

evidência e da hipótese. Assim se pode afirmar que a probabilidade de ocorrência da hipótese e da evidência, dada a evidência, é a mesma da probabilidade de ocorrência da hipótese e da evidência, dada a hipótese.

Será exposto o segundo exemplo:

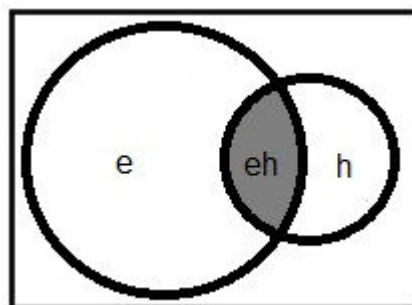


Aqui a situação se altera, a interseção eh representa, proporcionalmente, uma área maior no diagrama da evidência do que no diagrama da hipótese. A seguinte relação pode ser feita:

$$\frac{p(he)}{p(e)} > \frac{p(he)}{p(h)}$$

Onde se pode dizer que a probabilidade de ocorrer a hipótese e a evidência, dada a evidência, é maior que a probabilidade de ocorrer a mesma hipótese e a evidência, dada a hipótese.

Por fim tem-se a seguinte situação:



A relação pode ser expressa como:

$$\frac{p(h|e)}{p(e)} < \frac{p(h)}{p(h)}$$

Ou seja, a probabilidade da hipótese e da evidência ocorrer, dada a evidência, é menor do que a probabilidade da hipótese e da evidência ocorrer, dada a hipótese.

Como afirma Rosenberg, “o teorema de Bayes nos dá a fórmula matemática para calcular quanto mais ou menos provável uma quantidade de evidência, *e*, faz qualquer hipótese, *h*.” (2009, p. 169). Assim o teorema de Bayes é uma ferramenta matemática que fornece uma interpretação para $p(h | e)$. Pode-se apresentá-lo da maneira que se segue:

$$p(h | e) = \frac{p(e | h) p(h)}{p(e)}$$

Sobre esta formulação, Rosenberg faz a seguinte consideração:

O teorema de Bayes nos diz que uma vez adquiridos alguns dados, *e*, podemos calcular como os dados *e* mudam a probabilidade de *h*, aumentando-a ou diminuindo-a, desde que já tenhamos outros três números:

$P(e|h)$ – a probabilidade de que *e* seja verdadeira partindo do pressuposto de que *h* seja verdadeira (...). Esse número reflete o grau para o qual nossas hipóteses nos levam a supor os dados que recolhemos. Se os dados são apenas o que a hipótese prediz, então obviamente $P(e|h)$ é muito alta. Se os dados não são nada do que a hipótese prediz, $P(e|h)$ é baixa.

$P(h)$ – a probabilidade da hipótese independente do teste produzido pelos dados descritos por *e*. Se *e* reporta novos dados experimentais, então $P(h)$ é a penas a probabilidade que o cientista atribuiu a *h* antes do experimento ser feito.

$P(e)$ – a probabilidade de que a afirmação que descreve os dados seja verdadeira independentemente de *h* ser ou não verdadeira. Quando *e* for um resultado surpreendente que a evidência e a teoria científica anterior não nos levaram a supor, $P(e)$ será baixa. (2009, p. 169)

Nos diagramas apresentados acima pode-se dizer que, pelo teorema de Bayes, a $p(h|e)$ da segunda figura é maior que a $p(h|e)$ da terceira. Pode-se observar que o valor da $p(h|e)$ é diretamente proporcional à razão $\frac{p(he)}{p(e)}$ e inversamente proporcional à razão $\frac{p(e)}{p(h)}$. Resumidamente pode-se dizer que é necessário ter um valor alto para $p(h)$, baixo para $p(e)$ e alto para a interseção de modo que a $p(h|e)$ seja expressiva e confiável.

Dessa forma o bayesianismo tenta justificar o método indutivo, pois à medida que se obtém maiores evidências sobre determinado assunto, mais acurada é a hipótese que se pode fazer sobre ele. Se não é válido, logicamente, induzir que todos os corvos são negros pelas contagens anteriores, se pode induzir probabilisticamente que $x\%$ dos corvos são negros com base nas mesmas contagens. À medida que as evidências se alterarem, o valor estatístico da hipótese formulada também irá se alterar.

2.2.2. A resposta da teoria da frequência: o axioma da convergência

Mises caracteriza o papel do axioma da convergência²⁷ nos coletivos estatísticos da seguinte forma:

Vamos agora dar mais precisão à nossa definição anterior de coletivo. Vamos dizer que um coletivo é um fenômeno de massa ou um evento repetitivo, ou, simplesmente, uma longa sequência de observações para as quais existem motivos suficientes para acreditar que a frequência relativa de um atributo observado tenderá para um limite fixo se as observações continuarem indefinidamente. Este limite

²⁷ Rever tópico 1.2.4. O *axioma da convergência* também é conhecido como *axioma do limite*.

será a probabilidade do atributo considerado dentro do coletivo. (MISES, 1981, p. 15, tradução nossa.)

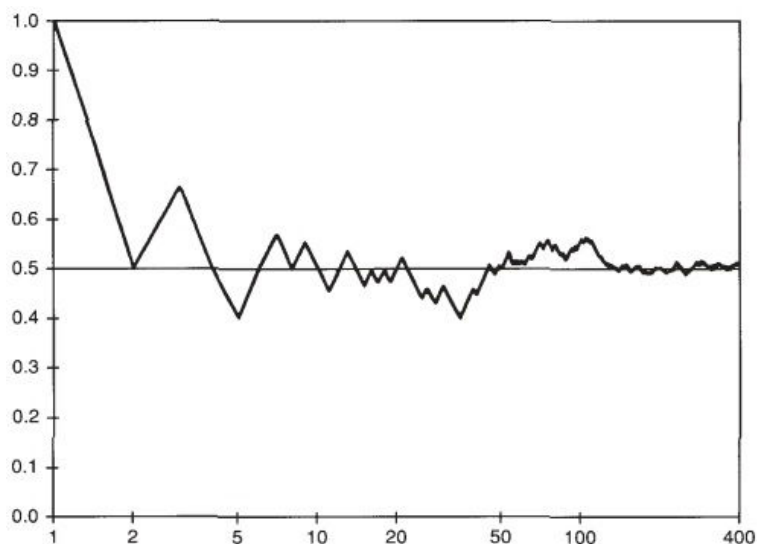
Sobre a natureza de um axioma, Mortari escreve:

o entendimento contemporâneo do que são axiomas e postulados mudou: não são mais proposições verdadeiras e autoevidentes, que não é preciso demonstrar, mas simplesmente qualquer proposição aceita sem demonstração em um sistema. (2001, p. 231)

Axiomas são proposições básicas que fundamentam determinado sistema complexo de proposições secundárias, ou seja, eles são as proposições que originam as demais. Como Mortari mostrou, um axioma não é uma verdade incontestável, logo deve ser papel do defensor de determinado sistema proposicional fundamentar os axiomas com os quais ele deduz as proposições secundárias. Um axioma não requer demonstração, porém ele necessita de plausibilidade e defesa argumentativa de sua veracidade. Mises não consegue demonstrar que, no infinito, a frequência relativa irá convergir para determinado valor específico, porém o pensador tenta fornecer boas razões empíricas para as pessoas acreditarem que este será o caso.

Para a compreensão da defesa empírica do axioma da convergência, será analisado o gráfico que se segue²⁸:

²⁸ GILLIES, 2000, p. 93



Ele mostra o comportamento da probabilidade de obtenção de “caras” para o lançamento de uma moeda honesta pelo número total de lançamentos feitos. O coletivo foi composto por quatrocentos lançamentos da moeda. Por ser coletivo, o axioma da aleatoriedade garante a independência dos eventos e o axioma da convergência garante que a probabilidade de “caras”, no infinito, será de 50%. Um defensor do axioma da convergência, em sua forma padrão, afirmaria que o gráfico apresentado é uma prova empírica da *estabilidade estatística* que ocorre na natureza. O primeiro lançamento teve “cara” como resultado, logo a probabilidade foi de 100%; já o segundo teve “coroa” como resultado, fazendo com que a probabilidade de “caras” caísse para 50% no experimento. Para ele os dados comprovariam o presente axioma, porque com o aumento do número de lançamentos a probabilidade *parece* convergir para um único valor. Então se o número de lançamentos fosse grande o suficiente (infinito), a probabilidade *iria* convergir para esse valor.

Destaca-se que, para defensores da teoria frequencial no modo como Von Mises aborda, a indução é um fato empírico e se apresenta probabilisticamente na forma do axioma da convergência. Assim como a forças

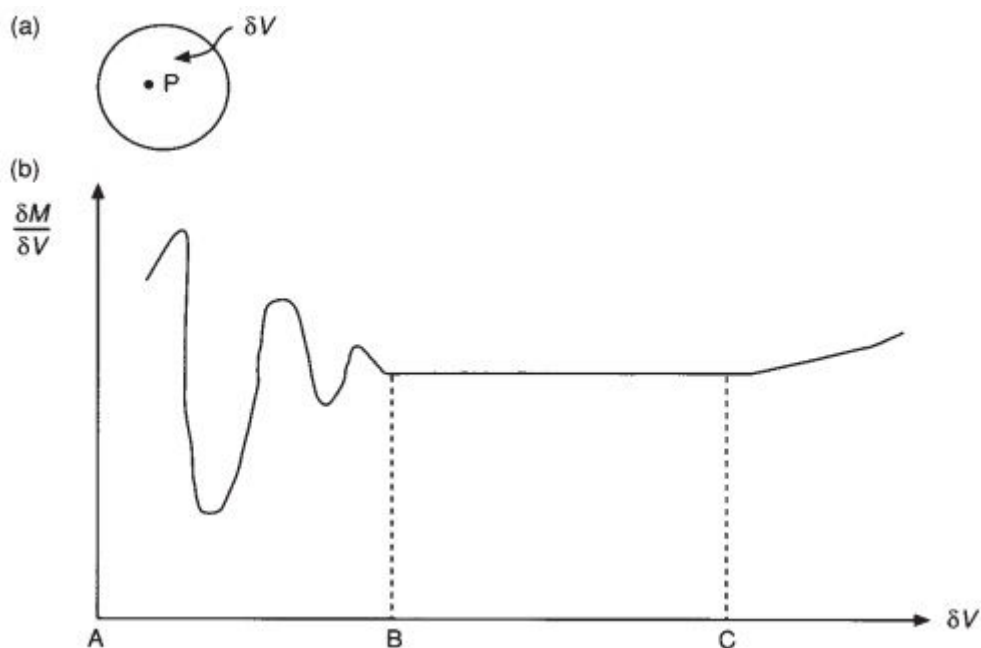
de atração elétricas são fatos empíricos e naturais pelos quais as teorias da física devem se direcionar numa tentativa de compreensão e descrição, a indução também seria um fenômeno natural pelo qual as teorias da probabilidade deveriam se direcionar e explicar. O processo de indução, para essa vertente, não é um processo de raciocínio como é para teoria lógica, e sim um processo empírico.

Gillies compara a forma como a indução (através do axioma da convergência) é estudada pela teoria da frequência com a forma pela qual a física estuda alguns fenômenos naturais. Segundo Gillies (2000, p. 102), a física propõe induções como convergências para valores fixos com base em testes empíricos para caracterizar alguns dos seus conceitos. O cálculo e a definição da *densidade* são exemplos de como este processo funciona. Sabe-se que a densidade é dada por:

$$d = \frac{\delta m}{\delta v} \text{ quando } \delta v \rightarrow 0$$

Para ilustrar melhor a situação será importante avaliar a figura abaixo²⁹:

²⁹ GILLIES, 2000, p. 102



Em (a) existe um ponto P delimitado por uma porção volumétrica δv de determinado fluido. À medida que se diminui o valor de δv , a densidade $\frac{\delta m}{\delta v}$ do fluido parece convergir para um valor fixo no intervalo volumétrico BC, fazendo os físicos concluírem que a densidade é o valor limite dessa situação quando $\delta v \rightarrow 0$. À medida que se sai de B em direção a A , ou seja, no intervalo volumétrico AB, o cálculo se dispersa e o limite se perde. Os físicos dirão, com propriedade, que a matéria não é contínua. Logo com a progressiva diminuição de δv , chegará um momento em que se entrará no âmbito molecular/atômico, causando a dispersão do limite e atrapalhando o cálculo. O comportamento de átomos e moléculas não equivale ao comportamento do fluido empiricamente analisado, logo, por questões práticas, o intervalo AB pode ser desconsiderado (para efeito do cálculo da densidade). Parece que a teoria da frequência se utiliza de um raciocínio análogo ao utilizado acima para a formulação do axioma da convergência. Porém, ao invés de fazer o denominador da razão em questão tender para zero, a proposta da teoria

frequencial é fazê-lo tender para o infinito e mostrar, assim como foi feito para o cálculo da densidade, que os dados obtidos experimentalmente corroboram e comprovam as conclusões apresentadas.

2.3. Soluções e ataques de Karl Popper

Nesta parte do texto serão apontadas as críticas de Popper ao pensamento indutivo e à tentativa probabilística (tanto lógica quanto frequencial) de justificar a indução. Primeiramente será mostrada a posição do filósofo vienense frente ao problema epistemológico de justificação do raciocínio indutivo. Para isso, será necessária uma breve exposição da filosofia desenvolvida por Popper, o *racionalismo crítico*, para a compreensão da sua posição anti-indutivista; e assim, finalizando o capítulo, entrar nas críticas popperianas aos sistemas indutivo-probabilísticos.

2.3.1. O racionalismo crítico: anti-indução

Popper caracteriza o racionalismo crítico da seguinte forma:

Só há um elemento de racionalidade nas tentativas de conhecer o mundo: o exame crítico das teorias. Elas, em si, são conjecturas. Não sabemos, apenas conjecturamos. Se me perguntassem: “como você sabe?”, minha resposta seria: “Não sei, só conjecturo. Se vocês estiverem interessados em meu problema, ficarei muito contente se criticarem minha conjectura; se me oferecerem contrapropostas, tentarei criticá-las”.

Esta é a verdadeira teoria do conhecimento (que também desejo submeter à crítica), a verdadeira descrição de uma prática surgida na Jônia e incorporada à ciência moderna: a teoria de que o conhecimento avança por meio de conjecturas e refutações (embora muitos cientistas ainda acreditem no mito baconiano da indução). (2010, p. 30)

Para compreender melhor a proposta popperiana para a solução do problema da indução, faz-se necessário a leitura da seguinte passagem:

A teoria do senso comum da indução (que também apelidei “teoria do balde mental”) é a teoria mais famosa na forma da asserção de que “nada há em nossa inteligência que não haja entrado nela por meio dos sentidos” (POPPER, 1999, p. 14)

Em outra passagem ele afirma:

Tentarei mostrar que todo o aparato da indução torna-se desnecessário quando admitimos a falibilidade geral do conhecimento humano, ou, como gosto de chamá-lo o *caráter conjectural do conhecimento humano*. (POPPER, 2010, p. 104)

Popper relaciona a indução com a “teoria do balde mental”, uma analogia usada por ele para retratar propostas que tomam o conhecimento como um acúmulo de percepções, da mesma forma que um balde pode acumular determinado conteúdo. O filósofo ainda assume que esta é a teoria do conhecimento adotado pelo senso comum³⁰, logo uma análise minuciosa da mesma se faz necessário. Pode-se definir a *teoria do conhecimento humano como balde* da seguinte forma:

O problema está em como adquirimos conhecimento sobre o mundo. A solução sensata é: abrindo olhos e ouvidos. Nossos sentidos são as fontes principais, senão as únicas, de nosso conhecimento do mundo. (...) Chamo-a de “teoria da mente como balde” (...). Supõe-se que os elementos – os átomos ou moléculas – do conhecimento entram no balde por meio de nossos sentidos. Nosso conhecimento, portanto, consistiria em uma acumulação, uma compilação, ou, quem sabe, uma síntese dos elementos que nossos sentidos nos oferecem. (POPPER, 2010, p. 105)

³⁰ A principal barreira à aceitação do caráter conjectural do conhecimento humano, bem como à admissão de que esse caráter soluciona o problema da indução, é uma doutrina que podemos chamar de teoria do conhecimento humano baseada no senso comum, ou teoria da mente humana como balde. Tenho o senso comum em altíssima conta. Na verdade, penso que toda filosofia deve partir do exame crítico de pontos de vista sensatos. (POPPER, 2010, p. 105)

Segundo Popper, as posições filosóficas básicas do senso comum são: o realismo (crença na existência de um mundo exterior objetivo) e a teoria do conhecimento humano como balde (acúmulo de sensações).

As duas metades da filosofia do senso comum – o realismo do senso comum e a teoria do conhecimento calcada no senso comum – foram defendidas por Hume. Tal como antes fizera Berkeley, ele julgou que havia um conflito entre elas, pois a teoria do conhecimento baseada no senso comum tende a levar a uma espécie de antirrealismo. Se o conhecimento resulta de sensações, então as sensações são os únicos componentes seguros do conhecimento, e não podemos ter nenhuma boa razão para crer que exista algo além da sensação. (POPPER, 2010, p. 105-106)

Tendo como pano de fundo a teoria do balde, pode-se partir do acúmulo de percepções obtidas pela mente como fundamento e razão das inferências causais (induições), e é isso que o senso comum faz. A crença de que o Sol nascerá amanhã se deve ao acúmulo de experiências passadas onde o mesmo nasceu todas as manhãs. Logo o raciocínio indutivo tem como base o conteúdo do balde (mente) para se validar, tornando assim aceitável as crenças indutivas. Para compreender a resposta de Popper à teoria do balde, será necessário expor o que o autor chamou de *epistemologia evolutiva*.

2.3.2. Epistemologia evolutiva

Partindo da noção de evolução expressa na teoria de Darwin, Popper irá propor novas maneiras para abordar o problema do conhecimento e sua relação com as teorias científicas. Tomando o darwinismo como uma proposta teórica com alto grau de possibilidade explicativa, Popper fará uma defesa árdua e intensa do caráter evolucionista que permeia o conhecimento e

apontará soluções para a interpretação do progresso³¹ da ciência. Todas as questões relativas ao conhecimento e evolução da ciência serão trabalhadas dentro de conceitos darwinistas como o de *seleção natural*, *eliminação do erro* e *instrução*. Partindo da defesa do darwinismo como um programa teórico de alto valor para fundamentar uma ciência, a presente exposição irá mostrar as semelhanças e diferenças entre três tipos de adaptações tratadas pelo autor: *genética*, *comportamental* e *científica*. Após a análise proposta será necessário focar na questão do conhecimento e sua origem cosmológica, relação esta que Popper fez questão de enfatizar em seus ensaios sobre epistemologia.

De acordo com Popper, existem dificuldades em colocar a teoria de Darwin em um patamar estritamente científico, com isso ela será tratada como uma teoria metafísica promissora. Sua capacidade explicativa e de previsão corroboram várias teses sobre a evolução das espécies em nosso planeta.

Desse ponto de vista, a questão do *status* científico do darwinismo – no sentido mais amplo, a teoria da tentativa e eliminação de erro – Torna-se interessante. Cheguei à conclusão de que o darwinismo não é uma teoria científica passível de prova, mas um programa de pesquisa metafísica – um possível sistema de referência para teorias científicas comprováveis. (POPPER, 1986, p. 177)

O darwinismo é irrefutável nas concepções popperianas, pois não é suscetível a contraprovas empíricas. É fácil perceber que se pode explicar qualquer situação de evolução das espécies através da seleção natural, tanto o êxito quanto o fracasso são justificados pela teoria.

³¹ “como usarei a palavra “progresso” várias vezes, será melhor garantir-me de que não serei visto como um crente na lei histórica do progresso. Na verdade, já tive várias oportunidades de atacar esta crença, e sustento que mesmo a ciência não está sujeita a qualquer coisa parecida. A história da ciência, como a história de todas as idéias humanas, é feita de sonhos irresponsáveis, de erros e de obstinação. Mas a ciência é uma das poucas atividades humanas – talvez a única – em que os erros são criticados sistematicamente (e com frequência corrigidos). Por isso, podemos dizer que, no campo da ciência, aprendemos muitas vezes com nossos erros; por isso podemos falar com clareza e sensatez no progresso científico.” (POPPER, 2008, p. 242)

Com efeito, admitamos que em Marte haja uma vida que consista em exatamente três espécies de bactérias com equipamento genético semelhante ao de três espécies terrestres. Estaria refutado o darwinismo? De modo algum. Diremos que estas três espécies, dentre as muitas formas de mutação, eram as únicas suficientemente bem ajustadas para sobreviver. E asseveraríamos o mesmo, se houvesse apenas uma espécie (ou nenhuma). Desse modo, ocorre que o darwinismo realmente não prevê a evolução da variedade. E, portanto, não pode explicá-la. Quando muito, pode prever a evolução da variedade “sob condições favoráveis”. (POPPER, 1986, p. 180)

O que se deseja mostrar é que mesmo sendo metafísica, a teoria de Darwin é a primeira teoria não teísta que de fato conseguiu ter sucesso na abordagem sobre a evolução e adaptação das espécies. Logo se apropriar de conceitos “caros” à teoria darwinista para fundamentar uma epistemologia evolucionista constitui um avanço no que está sendo abordado nesse ramo de pesquisa. Ao colocar o homem como parte de toda evolução da natureza é fácil perceber que o mesmo é fruto de todo processo descrito por Darwin, por isso a insistência em abordar a questão do conhecimento como um problema cosmológico e interpretá-lo através de uma perspectiva evolucionista. É importante ressaltar que Popper não se interessa pelos filósofos evolucionistas.

Em suas palavras:

Sempre tive enorme interesse pela teoria da evolução e a disposição de aceitá-la como um fato. Sinto-me fascinado por Darwin e pelo darwinismo – embora, até certo ponto, pouco me impressione a maioria dos filósofos evolucionistas, com uma grande exceção: a de Samuel Butler. (1986, p. 176)

Percebe-se que seu interesse é menos pela tradição evolucionista do que fundamentar sua epistemologia nela. O objetivo principal é abordar todo conhecimento, desde aspectos simples até as mais complexas teorias científicas, através de uma perspectiva evolutiva.

Não começarei por colocar uma questão como <O que é o conhecimento?>, ou <O que significa conhecimento?>. Pelo contrário, o meu ponto de partida é uma proposição muito simples – na verdade, quase trivial – a proposição que *os animais podem saber coisas, que eles podem ter conhecimento*. (POPPER, 1991, p. 44)

Aqui é apresentada uma conjectura audaciosa, pois como ele mesmo assumiu: “poderão dizer que ao atribuir conhecimento a um cão estou meramente a usar uma metáfora e um antropomorfismo descarado” (1991, p. 44). Porém o autor se diz tranquilo ao utilizar tal comparação, sendo que em uma teoria da evolução isto se torna inevitável.

Quem estiver interessado na teoria da evolução verificará que uma parte dela se encontra na importante teoria da homologia, e que o nariz do cão e o meu próprio nariz são homólogos, o que quer dizer que foram ambos herdados de um distante antepassado comum. Sem esta hipotética teoria da homologia, a teoria da evolução não poderia existir. (POPPER, 1991, p. 45)

Percebe-se que da mesma maneira que se pode buscar precedentes de órgãos comuns entre seres humanos e outros tipos de animais, é viável considerar funções cerebrais homólogas entre os mesmos. A hipótese defendida não afirma que os demais animais possuam consciência desse conhecimento, contudo indica que o homem tem conhecimento do qual não é consciente.

Popper defende que o conhecimento assume, muitas das vezes, o caráter de expectativas, e somente se tornam acessíveis quando não se efetivam. Por isso o autor afirma que “quando nos surpreendemos por algum acontecimento, essa surpresa deve-se em geral à expectativa inconsciente de que sucedesse algo diferente.” (POPPER, 1991, p. 46). Assim como quando se desce uma escada e tropeça-se ao final, tal fato mostra que existia expectativas inconscientes sobre a existência deste último degrau.

Associando expectativas a hipóteses, pode-se dizer que aquelas são incertas. Para Popper, a maior parte do conhecimento humano e animal são hipotéticos e conjecturais. Outra tese defendida é que, por mais incerto que

pareça, as conjecturas correspondem a fatos objetivos, ou seja, a busca pela verdade se relaciona com o mundo objetivo e “consiste na correspondência aos fatos” (POPPER, 1991, p. 48). Aqui o autor distingue *verdade* de *certeza*: “a certeza raramente é objetiva: geralmente não passa de um forte sentimento de confiança, ou convicção, embora baseado em conhecimento insuficiente” (POPPER, 1991, p. 48). Sendo assim, a certeza é um sentimento perigoso, pois é infundada e muitas das vezes dogmática.

Ao falar de verdade, sua posição está claramente oposta aos sociólogos da ciência que afirmam que tal conceito é relativo às estruturas sociais dominantes e/ou vigentes. Para o austríaco, os cientistas deveriam se preocupar com os fatos, e o que pode mudar não é a concepção de verdade, mas sim os fatos. Quando há um avanço significativo na ciência, devido à descoberta de novos fatos, e teorias antigas são substituídas ou revisadas, a busca da ciência pela verdade objetiva não foi refutada, e sim corroborada com as novas descobertas. Para o filósofo vienense o que impede tal avanço significativo na ciência em busca da verdade são as falhas humanas, que de acordo com sua opinião são impossíveis de serem erradicadas. “É claro que temos consciência de que não devemos cometer erros, e esforçamo-nos seriamente por isso. Mas nem por isso deixamos de ser animais falíveis” (POPPER, 1991, p. 49).

O próximo passo será buscar a origem das conjecturas, explicar como se dá a relação perceptual com a natureza e como essa relação influencia as expectativas inconscientes. Para Popper os órgãos sensoriais são os responsáveis por ligar o homem ao mundo, porém nem todo o conhecimento deriva desta percepção.

Para que nossos sentidos nos digam alguma coisa, temos de possuir conhecimento prévio: para podermos ver uma <coisa>, temos de saber o que são <coisas>, que podem ser localizadas num espaço, que algumas se podem mover e outras não, que algumas tem importância imediata para nós e por isso podem ser observadas e selo-ão, enquanto outras, de menor importância, nunca entrarão na nossa consciência (podem não só ser observadas inconscientemente, mas não deixar qualquer traço no nosso aparelho biológico.) (POPPER, 1991, p. 53)

Os órgãos sensoriais são dotados de uma pré-disposição sobre como se relacionar com a natureza, e tal acontecimento não pode resultar da observação, e sim da evolução, ou seja, um processo de tentativas e erros.

É o resultado desse conhecimento, não derivado da observação no curto prazo mas da adaptação ao ambiente e as situações como as que constituem os problemas a resolver para que a vida possa continuar, que torna os nossos órgãos – e entre eles, os nossos órgãos sensoriais – instrumentos significativos na tarefa cotidiana de viver. (POPPER, 1991, p. 53)

Através de uma perspectiva darwinista, pode-se defender a tese de que o organismo humano possui tendências herdadas através do processo de seleção natural. Sendo assim se pode encarar os órgãos sensoriais como produtos de um processo evolutivo e de adaptação ao meio ambiente. Não se observa a natureza de forma neutra, toda percepção está pautada pelo processo evolutivo. Como afirma Popper, “a vida só pode existir e sobreviver se, de alguma forma, se adaptar ao meio ambiente” (POPPER, 1991, p. 54). Mais uma vez o problema do conhecimento se entrelaça à origem do planeta, se tornando assim um problema de cosmologia.

Ao falar em conhecimento prévio, anterior à experiência, é quase impossível não tocar no nome de Kant, e Popper vai retomar algumas abordagens kantianas ponderando alguns conceitos. Para Kant, conhecimento *a priori* é o conhecimento que se possui antes da observação sensorial. Já o conhecimento *a posteriori* se dá após as observações. Kant também utiliza o

termo *a priori* pra representar os conhecimentos necessariamente verdadeiros.

Popper irá usar as designações kantianas com algumas ressalvas:

Usarei portanto o termo *a priori* para caracterizar o tipo de conhecimento – conhecimento falível ou conjectural – que um organismo tem antes da experiência sensorial. Em termos gerais, trata-se de conhecimento inato. E usarei o termo *a posteriori* para o conhecimento que seja obtido com a ajuda da sensibilidade do organismo a mutações momentâneas do estado de seu meio ambiente (POPPER, 1991, p. 62).

Pode-se resumir a tese kantiana da seguinte maneira: a maior parte do conhecimento humano é *a posteriori*, mas tal conhecimento é impossível sem um conhecimento *a priori*. Popper elogia a tese de Kant e afirma: “Creio que em todos estes pontos Kant tem razão. Em minha opinião, Kant intuiu os mais importantes resultados da teoria evolutiva do conhecimento” (1991, p. 63). Contudo não concorda em conceber a maior parte do nosso conhecimento como *a posteiori*³².

Julgo que 99 por cento do conhecimento de todos os organismos é inato e está incorporado na nossa constituição bioquímica. E julgo que 99 por cento do conhecimento que Kant considerava *a posteriori* e como <dados> que nos são <dados> através dos sentidos, é na realidade conhecimento *a priori* e não *a posteriori*, já que os nossos sentidos nos dão apenas (como o próprio Kant reconheceu) respostas do tipo <sim ou não> às nossas próprias perguntas – perguntas que conhecemos e formulamos *a priori*, e perguntas que são, por vezes, muito elaboradas. Além disso, mesmo as respostas de tipo <sim ou não> que os sentidos dão têm de ser interpretadas por nós, e interpretadas a luz das nossas idéias preconcebidas, *a priori*. E, é claro, essas respostas são muitas vezes mal interpretadas. (1991, p. 63)

Desta forma se se assume que quase todo o conhecimento é hipotético, resultado de uma adaptação ao ambiente, então algumas vezes existe sucesso, outras não, e através de tentativas, alguns erros, não todos, podem ser eliminados. A adaptação é imperfeita e falha, não existe adaptação perfeita, o homem está em constante processo evolutivo.

³² Este trecho corresponde a uma transcrição de uma conferência dada por Popper, com isso os valores estatísticos apresentados não são frutos de pesquisas, mas um artifício retórico do palestrante. É sugerido ao leitor que interprete 99% como *grande parte* ou *a maioria*.

As teorias científicas também podem ser avaliadas através da metafísica darwinista:

Do ponto de vista biológico ou evolutivo, a ciência e o progresso da ciência podem ser vistos como um meio usado pela espécie humana para se adaptar ao ambiente, ou para invadir e até inventar novos nichos ambientais. (POPPER, 2010, p. 77).

Tendo como base as idéias de *seleção* e *instrução*, serão abordadas as semelhanças e diferenças entre o processo de adaptação *científico*, *genético* e *comportamental*. O mecanismo de adaptação é idêntico nos três níveis apresentados, a adaptação parte de uma estrutura hereditária. No nível genético, a estrutura hereditária corresponde à estrutura dos genes; no nível comportamental essa estrutura é composta pelo repertório inato dos tipos de comportamento de cada organismo; e no nível científico elas representam as conjecturas e teorias dominantes. As estruturas são transmitidas pela instrução nos três níveis:

pela replicação das instruções genéticas codificadas, nos níveis genéticos e comportamental, e pela tradição e imitação sociais, nos níveis comportamental e científico” (POPPER, 2010, p. 78).

Percebe-se que no âmbito comportamental, a instrução ocorre tanto pela replicação de genes quanto pela tradição. “Quando ocorrem mutações, variações ou erros, estes constituem novas instruções, que também provém do interior da estrutura e não de fora, do meio ambiente” (POPPER, 2010, p. 78). Aqui se percebe que as novas instruções, que são passadas hereditariamente, não sofrem nenhuma influência externa, sendo fruto do próprio organismo.

Os três níveis de adaptação apontados estão sujeitos constantemente a pressões e problemas, o nível genético está permeado de pressão por seleção; o comportamental sofre pressão pelos desafios ambientais e, no científico, são as questões teóricas que geram os problemas enfrentados.

Como foi apontado, as variações nas instruções não sofrem influências das pressões externas, sendo elas resultado de fatores internos. No nível genético, estas variações geram as mutações, que são recombinações das codificações genéticas; no âmbito comportamental, são “as variações e recombinações provisórias” (POPPER, 2010, p. 78) e no nível científico são as novas conjecturas e teorias revolucionárias.

As variações nas instruções ocorrem ao acaso, não tendo como prevê-las, e as pressões externas apresentadas não deixam de atuar nos níveis apontados. As novas instruções mudam a relação do organismo com o meio, seja no âmbito genético, comportamental ou científico. Podem ocorrer variações diversas, porém as mais adaptadas passam pela etapa da *eliminação do erro*. “A eliminação do erro, ou das instruções mal adaptadas, também se chama *seleção natural*: constitui uma espécie de retroalimentação negativa [negative feedback] e atua nos três níveis” (POPPER, 2010, p. 78).

Os resultados das novas instruções são diferentes adaptações ao ambiente. O organismo dotado de instruções diferentes poderá se relacionar de outra forma com a natureza que o cerca. No nível genético, a alteração de uma enzima pode provocar mutação em um gene, logo podem surgir novas relações entre o organismo e o ambiente. No nível comportamental, a mudança de comportamento pode ser a adoção de um novo nicho ecológico. No nível científico, Popper escreve que:

A adoção provisória de uma nova conjectura ou teoria pode solucionar um ou dois problemas, mas invariavelmente inaugura muitos problemas novos, pois uma teoria revolucionária funciona exatamente como um novo e poderoso órgão de sentidos. Quando o progresso é significativo, os novos problemas diferem dos antigos. Situam-se em um nível radicalmente diferente de profundidade. Isso aconteceu com a teoria da relatividade e com a mecânica quântica, e

acontece hoje, dramaticamente, com a biologia molecular. Em cada um desses casos, a nova teoria abriu novos horizontes de problemas inesperados. (2010, p. 79).

O termo *evolução* em Darwin não tem um caráter de linearidade e nem de progresso, ele serve para designar o resultado das variações de instruções que sobreviveram ao processo de seleção natural. Popper acredita no progresso da ciência, mas sabe que este processo está longe de ser linear e compreensível: “quanto mais progredimos no conhecimento, com mais clareza discernimos a enormidade da nossa ignorância” (POPPER, 2010, p. 79). Observa-se que as instruções operam nos três níveis transmitindo a estrutura hereditária, seja através do código genético ou seja através da tradição.

em todos os níveis surgem novas estruturas e novas instruções, por meio de mudanças experimentais proveniente de dentro da estrutura, de ensaios provisórios que estão sujeito à seleção natural ou à eliminação do erro. (POPPER, 2010, p. 80).

Agora é necessário abordar as diferenças entre os três níveis de adaptação tratados. Começando pelas divergências entre o âmbito genético e comportamental Popper destaca que “as mutações no nível genético, além de aleatórias, são completamente ‘cegas’ em dois sentidos” (2010, p. 80). No primeiro sentido as mutações não estão orientadas para nenhum fim objetivo, no segundo uma mutação não influencia outras possíveis mutações. No nível comportamental as variações já não se mostram completamente “cegas” como no genético, Popper aponta para isso dois motivos:

Primeiro, são orientados para um objetivo; segundo, os animais podem aprender com o resultado de uma tentativa, passando a evitar o tipo de comportamento experimental que levou a um fracasso. Similarmente, podem aprender com o sucesso, e um comportamento bem sucedido pode repetir-se até mesmo em casos nos quais não é adequado (POPPER, 2010, p. 80).

Outra diferença relatada é que na mudança genética se estabelece um novo código genético rígido e quase invariável. Já a mudança comportamental, por

mais que forneça padrões rígidos, são mais simples de serem modificados. É mais fácil ocorrer mudança a nível comportamental do que a nível genético.

Agora é necessário avaliar o nível científico em contraste com o genético e o comportamental. “No nível científico as descobertas são revolucionárias e criativas” (POPPER, 2010, p. 81). Pode-se destacar dois aspectos linguísticos peculiares, o primeiro diz respeito à publicidade da linguagem, logo as teorias “tornam-se objetos externos a nós, acessíveis a investigação. Como consequência ficam abertas à crítica” (POPPER, 2010, p. 82). O outro aspecto a ser estudado é a importância da linguagem nas críticas às teorias, pois assim se pode refutar uma teoria antes mesmo de sua adoção. A função da linguagem é tornar a teoria pública, acessível a qualquer um, e assim passível de ser avaliada, corroborada ou até mesmo falsificada. Outra característica mostrada é também relativa à linguagem, segundo o autor uma das possibilidades peculiares dela é a composição de narrativas e a imensa criatividade nas explicações, sendo que o conhecimento científico está submetido a esse mesmo processo lingüístico. Popper diz que: “a descoberta científica é semelhante à narração explicativa de histórias, à criação de mitos e à imaginação poética” (POPPER, 2010, p. 82). É fácil perceber que a linguagem e suas peculiaridades colocam o nível científico em posição diferente dos outros níveis (comportamental e genético), pois no nível genético a linguagem não tem nenhuma influência, no comportamental se pode dar algum valor à influência da linguagem, já no científico ela possui papel essencial nas estruturas e mudanças.

Como foi dito anteriormente, grande parte do conhecimento humano é conjectural e sofre alterações à medida que se depara com falhas ou

problemas. É nítido que o conhecimento nessa visão não é algo fixo, mas sim um eterno movimento na tentativa de eliminar erros e melhor explicar os fatos. Popper crê no progresso científico, porém, como foi falado ao longo do trabalho, tal progresso nem sempre é linear. Para fundamentar sua tese de conhecimento conjectural ele se vale da metafísica darwinista para explicar o complexo problema do conhecimento. Por isso a defesa de que os órgãos sensoriais já são informados sobre como devem se relacionar com a natureza, sendo eles produtos de um complexo processo evolutivo.

Com a abordagem epistemológica apresentada, Popper fornece uma teoria do conhecimento em resposta à teoria adotada pelo senso comum (a *teoria do balde*) onde ele diz:

Esta é a concepção que tenho denominado “teoria do holofote” (em contradistinação à “teoria do balde”). De acordo com a teoria do holofote, as observações são secundárias às hipóteses. As observações, porém, desempenham um papel importante como testes que uma hipótese deve experimentar no curso do exame crítico que fizemos dela. Se a hipótese não passar no exame, se for mostrada falsa pelas nossas observações, então temos de procurar uma nova hipótese. Neste caso, a nova hipótese virá depois daquelas observações que levaram a declarar falsa ou a rejeitar a hipótese antiga. Mas o que tornou as observações interessantes e relevantes e o que de todo deu origem a que as realizássemos em primeira instância foi a hipótese primitiva, a antiga e agora rejeitada. (1999, p. 318)

A teoria do holofote, na forma como foi descrita, só pode ser defendida se adotada a tese sobre as predisposições existentes no organismo humano, resultado de um processo evolutivo. Com isso o filósofo defende que o problema da indução é, na verdade, um pseudo-problema. Ele afirma:

Contra tudo isso, dá-se o caso de eu julgar que, de facto, nunca realizamos inferências indutivas, nem fazemos uso daquilo a que agora se chama *procedimentos indutivos*. Em vez disso, descobrimos sempre regularidades pelo método, que é essencialmente diferente, de tentativa e erro, de conjectura e refutação, ou de aprendizagem a partir de novos erros, o método que torna a descoberta de regularidades muito mais interessante do que Hume pensava. (POPPER, 1987, p. 66)

Desta forma Popper mostra que as regularidades observadas pelos seres humanos não são frutos de induções, mas sim parte do aparato perceptual e racional que foram se adaptando ao longo da história eliminando erros e sofrendo alterações. Para Popper, o conhecimento não se funda no método indutivo, mas sim nas conjecturas realizadas a partir do conhecimento prévio que o organismo possui.

2.3.3. Popper, bayesianismo e axioma da convergência

Foi apresentada acima a crítica e divergência de Popper contra a indução no domínio epistemológico, agora serão mostrados seus ataques à indução no campo da probabilidade, suas críticas à teoria lógica (na forma de bayesianismo) e à teoria da frequência (especialmente ao axioma da convergência).

Karl Popper sugere que o bayesianismo seja considerado como a *lógica da inferência duvidosa*. Assim ele explica:

Porque segundo este convincente argumento, a lógica indutiva não é mais que a lógica da probabilidade. É a lógica da inferência incerta, do conhecimento incerto, e $p(h,e)$ é o grau a que o nosso conhecimento certo da prova e justifica racionalmente a nossa crença na hipótese h . (1987, p. 232)

E ainda diz:

*O desejo de graduar hipóteses segundo os testes porque elas passaram é legítimo: não tenho conhecimento de nenhuma objeção séria. Por razões que serão discutidas na próxima seção, proponho que se chame ao grau de uma hipótese, ou ao grau a que ela resistiu aos testes, o *grau de corroboração* (e não a *probabilidade*) dessa hipótese. (1987, p. 234)*

Ele apresenta uma distinção ousada para problemas filosóficos relativos ao cálculo de probabilidades e sugere que *graus de corroboração* de uma hipótese

devam ser considerados distintos dos *graus de probabilidade* desta mesma hipótese. Sobre estas definições ele diz que

[a primeira é] a probabilidade de uma hipótese relativamente aos seus testes, e [a segunda] a probabilidade de um acontecimento (ou de uma hipótese) relativamente às suas possibilidades. (POPPER, 1987, p. 238)

Assim Popper defende que a corroboração (testes) de uma hipótese é essencialmente diferente da sua probabilidade (possibilidades), e ainda afirma que somente o segundo conceito está de acordo com o uso do cálculo de probabilidade. Para ilustrar as diferenças retratadas, o filósofo austríaco compara a teoria da luz desenvolvida por Maxwell com a de Fresnel³³. Pode-se dizer que a teoria de Maxwell é muito mais corroborada empiricamente que a de Fresnel, logo tem elevado grau de corroboração em comparação com a teoria antecessora. Porém a mesma teoria de Maxwell pode ter menor probabilidade de ser verdadeira, pois a mesma assume mais compromissos em relação à natureza do que a outra. Enquanto a teoria de Maxwell é uma teoria ondulatória e eletromagnética, a teoria de Fresnel é apenas ondulatória.

Para evidenciar o problema será usado $C(h|e)$ como sendo a corroboração de uma hipótese h dada a evidência e , além de $P(h|e)$ como sendo a probabilidade de uma hipótese h dada a evidência e . Várias vertentes da interpretação subjetiva da probabilidade, como a interpretação lógica indutiva e o bayesianismo, assumem que $C(h|e) = P(h|e)$. Entretanto Popper questiona esta igualdade. O ponto de partida de sua crítica é assumir que para toda lei universal da forma $\forall xFx$ (para todo x , x tem a propriedade F), como a lei “todos os corvos são negros”, a probabilidade da hipótese, $P(h)$, é zero. O teorema de Bayes mostra que:

³³ POPPER, 1987, p. 238

$$p(h|e) = \frac{p(e|h)p(h)}{p(e)}$$

Se para toda lei na forma $\forall xFx$ a probabilidade da hipótese, $P(h)$, for zero, então $P(h|e)$ para qualquer e também será zero. Para Popper uma teoria pode ser altamente corroborada por evidências, mas nunca ter sua probabilidade alterada (o caso da teoria de Maxwell e de Fresnel). O grande problema do subjetivista é que ao considerar $C(h|e) = P(h|e)$, ele também deve assumir que a $C(h|e)$ de uma lei $\forall xFx$ deve ser zero³⁴, um absurdo segundo Popper, pois evidências corroboram hipóteses. Sobre estas análises, Gillies afirma:

Com efeito, muitos autores assumiram implicitamente a identidade desses dois conceitos, sem discutir o assunto. Uma das mais notáveis inovações de Popper na filosofia da probabilidade foi ter questionado esse pressuposto implícito, combatendo-o vigorosamente. Mesmo os que discordam de Popper nesse ponto foram afetados por sua obra, pois eles agora são obrigados a defender o pressuposto de que a corroboração é igual à probabilidade, um pressuposto que antes era assumido sem argumentação. (1997, p.125)

Neste sentido a defesa popperiana mostra que é legítimo falar em graus de corroboração, porém o mesmo não deve ser usado para questões relativas ao cálculo de probabilidades porque levará a dificuldades interpretativas e problemas teóricos desnecessários. O problema do bayesianismo estaria justamente em utilizar graus de corroboração em cálculos com finalidades probabilísticas.

Para a compreensão da crítica popperiana ao axioma da convergência será necessária a leitura do seguinte trecho:

Com efeito, é um “fato da experiência” – ou, pelo menos, assim nos dizem algumas vezes – que as sequências causalóides apresentam o comportamento peculiar que chamei de “quase convergente”, ou

³⁴ Howson & Urbach, em *Scientific Reasoning The Bayesian Approach* (2006), defendem que leis na forma $\forall xFx$ podem ter $P(h) \neq 0$. Logo argumentam a favor da tese de que $C(h|e) = P(h|e)$, em uma tentativa de refutar os argumentos de Popper contra o bayesianismo.

“estatisticamente estável”. Registrando estatisticamente o comportamento de segmentos longos, pode-se verificar que as frequências relativas se aproximam crescentemente de um valor definido e que se tornam crescentemente menores os intervalos dentro dos quais as frequências relativas sofrem flutuação. Esse chamado “fato empírico”, tão discutido e analisado, muitas vezes visto como corroboração empírica da lei dos grandes números, pode ser encarado sob vários prismas. Pensadores de inclinação indutivista consideram-no como lei fundamental da natureza, não reduzível a qualquer enunciado mais simples; consideram-no como peculiaridade do nosso mundo, que, simplesmente, tem de ser aceita. Acreditam que, expressa de forma adequada, - por exemplo, sob a forma do axioma da convergência - essa lei da natureza deveria se tornar o alicerce da teoria da probabilidade, que adquiriria, assim, caráter de ciência natural.

Minha posição pessoal, diante desse chamado “fato empírico” é diferente. Inclino-me a acreditar que ele é reduzível ao caráter causalóide das sequências; que pode ser derivado da circunstância de essas sequências serem *n-livres*. (POPPER, 2012, p. 202)

Nesta passagem é criticada a validade do axioma da convergência porque seu conteúdo parece depender de um raciocínio indutivo. Com isso deve-se acreditar que, no infinito, a frequência tenderá para um determinado valor específico. O filósofo vienense, no decorrer desse trecho, deseja defender a teoria frequencial de Von Mises sem o referido axioma, logo seu objetivo é mostrar que a teoria sobrevive muito bem só com o axioma da aleatoriedade, pois, na sua visão, o axioma do limite parece exigir uma extrapolação empírico-indutiva.

Para argumentar contra o axioma da convergência, Popper fornece uma interpretação para esse *fato empírico* que irá substituir o referido axioma. Para isso será proposto uma solução meta-teórica para o problema. A solução encontrada é adotar o conceito de *ponto de acumulação da sequência de frequências relativas*. Sobre esta saída, Popper comenta:

dize-se que *a* é o ponto de acumulação de uma sequência se, após qualquer elemento dado, há elementos que se desviam de *a* por menos que uma dada quantidade, não importa quão pequena. (2012, p. 203)

Se a é o ponto de acumulação de uma sequência de uma situação x , então Popper sugere chamar a de *frequência medial de x* ³⁵.

A idéia de frequência medial mostra-se muito conveniente para nossos objetivos. Tal como anteriormente acolhemos a estimativa – talvez uma estimativa hipotética – de que p era o limite de frequência de uma sequência α , agora operaremos com a estimativa de que p é a frequência medial de α . Contanto que adotemos certas precauções necessárias, poderemos, com o auxílio dessas frequências mediais estimadas, efetuar cálculos de maneira análoga à seguida para calcular limites de frequência. A par disso, o conceito de frequência medial mostra-se aplicável a todas as possíveis *sequências-referência* infinitas, sem qualquer restrição. (POPPER, 2012, p. 204)

A solução supracitada é meta-teórica porque, como o próprio autor reconhece, ao invés de se adotar uma estimativa hipotética de que p será o limite da frequência de determinada sequência no infinito, se adota a estimativa de que existe (de antemão) uma frequência medial (ponto de acumulação de frequências) no qual os valores tenderão a se concentrar. Em qualquer das visões apresentadas, os testes estatísticos se mostram como meio empírico para “provar” o plano meta-teórico adotado.

Essa idéia de frequência medial se mostra como ponto fundamental para a ligação com o último capítulo desta dissertação. Popper deseja mostrar que a teoria da frequência necessita apenas do axioma da aleatoriedade e da adoção meta-teórica do conceito de *ponto de acumulação da sequência de frequências relativas* para ser interpretada de forma correta. Entretanto esta defesa é apresentada em *A lógica da pesquisa científica*, obra em que o filósofo ainda não tinha desenvolvido sua teoria final para interpretação do cálculo de probabilidade, a *teoria da propensão*. No terceiro capítulo será mostrado os pontos de contato entre as soluções apresentadas aqui com o pensamento tardio de Popper em relação ao cálculo de probabilidade, enfatizando a relação

³⁵ POPPER, 2012, p. 204

entre a solução proposta de *frequência medial* com as *propensões* físicas e objetivas.

CAPÍTULO 3

A teoria da propensão

Pode-se destacar dois pontos que foram importantes para Popper na formulação da teoria da propensão. O primeiro é a necessidade de se interpretar as probabilidades de eventos únicos (probabilidades singulares) de um ponto de vista objetivista. O segundo é a necessidade de se interpretar a probabilidade na física quântica. Sobre o primeiro ponto, Gillies comenta:

O problema que deu origem à teoria da propensão foi considerado por Popper em 1934. A pergunta foi se era possível introduzir probabilidades para eventos simples, ou probabilidades singulares como ele as chamou. (2000, p. 114, tradução nossa)

E sobre o segundo ponto, Popper diz que “solucionar o problema de como interpretar a teoria das probabilidades é fundamental para interpretar a teoria quântica, uma teoria probabilística” (POPPER, 2010, p. 197). Com base nestes dois focos, este capítulo irá abordar a teoria da propensão. De início será exposto o problema das probabilidades singulares e a dificuldade da teoria da frequência em tratá-lo, depois será exposta a teoria da propensão na forma como Popper a desenvolveu³⁶. Para finalizá-lo serão apresentadas situações experimentais para análises de casos, como a lâmina de Landé, o *hexstat* e o experimento de *dupla fenda* na física quântica. A apresentação de diferentes interpretações probabilísticas para situações empíricas é de extrema importância para o enriquecimento do trabalho e discussão do problema das divergências teóricas, mostrando a importância que as interpretações

³⁶ Existem diversas formulações e revisões da teoria da propensão desenvolvida, inicialmente, por Popper. Para este trabalho interessa apenas a versão do seu idealizador.

probabilísticas possuem na forma como situações experimentais e teorias científicas são avaliadas.

3.1. O problema das probabilidades singulares

O problema das probabilidades singulares pode ser colocado com a seguinte pergunta: “é possível asserções probabilísticas para eventos únicos?”. O problema das probabilidades de eventos únicos (ou o problema das probabilidades singulares) é parte do debate dos fundamentos filosóficos do cálculo de probabilidade, pois uma boa teoria interpretativa deve possuir uma boa solução para o problema das probabilidades singulares. Talvez esse ponto seja o mais delicado para a teoria da frequência, entretanto ele não se apresenta como empecilho para as teorias subjetivistas (principalmente para a teoria individualista). Para ilustrar melhor o problema serão abordados dois exemplos, sendo o primeiro relativo à interpretação de probabilidades singulares no lançamento de um dado honesto (exposto por Popper) e o segundo relativo à probabilidade da morte de uma pessoa (relatado por Mises). Sobre o primeiro ponto Popper afirma:

No caso do dado perfeito, atribuímos iguais probabilidades a cada um dos seis resultados possíveis do lance que se vai seguir. Quer dizer, algo acerca do lance que se vai seguir – um acontecimento individual. O problema é descobrir exatamente o que é que diz acerca desse *acontecimento individual* (além de afirmar que ele pertence, potencialmente, a uma sequência com uma certa distribuição de frequência). (POPPER, 1987, p. 383)

O que Popper deseja interpretar é uma pergunta do tipo “qual a probabilidade de se obter o número quatro em um único lance?”, tal pergunta não é relativa à

frequência com o qual o número quatro aparece em determinado coletivo analisado, mas sim relativo *especificamente* ao lance em questão. Sobre as teorias subjetivistas, Popper comenta:

Com base na teoria subjetiva, o nosso estado de conhecimento determinada *exatamente* a probabilidade a qualquer momento. Pode haver dificuldades graves em calcular efetivamente a probabilidade a partir do nosso estado de conhecimento, mas é um número exato para cada estado de conhecimento, uma vez que é uma medida do nosso estado de conhecimento ou de falta de conhecimento. Nesta perspectiva, não tem sentido falar em medir a probabilidade por meio da experiência repetida, isto é, adquirindo mais conhecimento; é que mais conhecimento irá, em geral, alterar a probabilidade. (1987, p. 385)

Ele continua:

Começamos agora uma série de lances, e obtemos, digamos, 3, 1, 5, 1, 2, 2, 3, 5. Os partidários da teoria subjetiva e lógica tem que afirmar que estes novos dados devem afetar a probabilidade do próximo lance. Seja muito ou pouco, as probabilidades hão de mudar: a de 4 e a de 6 diminuirão (muito ou pouco), as de 1 e 2 aumentarão, porque 4 e 6 nunca ocorreram, em ocasião alguma, ao passo que 1 e 2 ocorreram duas vezes cada um. (POPPER, 1987, p. 388)

As passagens mostram como as condições informacionais influenciam as probabilidades singulares (para interpretações subjetivas). Disso conclui que situações informacionais distintas produzem probabilidades singulares distintas. Se a probabilidade mede grau de crença e informações alteram crenças, *então* uma variação informacional implica em uma variação probabilística. Esta seria a premissa condicional básica do *modus ponens* do argumento usado pelo subjetivista. Parece que a teoria da frequência encontra problemas na interpretação de casos individuais, pois seu cálculo é sempre baseado em frequências ocorridas em determinados coletivos estatísticos. Por mais que se utilize o valor obtido frequencialmente no coletivo para representar um único lance, estritamente falando este valor é característica do coletivo, e não de um evento único. O próprio Von Mises mostra a dificuldade teórica que

existe em sua proposta ao avaliar a *probabilidade da morte* de um indivíduo.

Assim ele escreve:

A frase "probabilidade de morte", quando dirigida a uma única pessoa, não tem significado algum para nós. Esta é uma das consequências mais importantes da nossa definição de probabilidade e vamos discutir esse ponto com maior detalhe mais tarde. (MISES, 1981, p.11, tradução nossa)

O segundo exemplo a ser considerado é sobre um brasileiro com quarenta anos de idade. Na tentativa de calcular a probabilidade deste brasileiro conseguir alcançar os noventa anos, deve-se obter um coletivo com vários brasileiros e extrair a probabilidade dos que conseguiram (ou não) chegar a essa idade. Assim será obtido um valor de acordo com a frequência do acontecimento desejado. Porém a pergunta sobre um indivíduo em particular (o Sr. João, por exemplo) parece extrapolar a previsão frequentista. Suponha que Pedro adote o valor obtido frequencialmente para a probabilidade do Sr. João alcançar os noventa anos. Contudo, se Pedro conseguir algumas informações a mais sobre o Sr. João ele pode apostar em probabilidades distintas da frequencial. A *informação*₁ de que o Sr. João fuma dois maços de cigarro por dia pode alterar completamente a previsão frequentista, assim como a *informação*₂ de que o Sr. João pratica exercícios físicos regularmente, não é fumante e é vegetariano pode fornecer outro resultado. Novamente as condições informacionais distintas produzindo variações probabilísticas. Parece que as teorias subjetivas se saem melhor na interpretação das probabilidades de eventos únicos, deixando um grande desafio para teoria da frequência e seus adeptos.

3.2. Reinterpretando a teoria da frequência: a teoria da propensão de Karl Popper

Antes da introdução dos principais argumentos desta tese, será montado um diálogo baseado num experimento de pensamento proposto em duas obras de Popper. O mesmo experimento é apresentado em *O Realismo e o objetivo da Ciência* (1987, p. 352) e em seu artigo *Propensões, probabilidade e teoria quântica*, compilado em um livro organizado por Miller (2010, p. 198). Como dito, o experimento de pensamento foi desenvolvido pelo filósofo, porém não em um diálogo como feito neste trabalho. A estrutura aqui apresentada foi elaborada para facilitar a compreensão da tese. O diálogo ocorre entre um frequentista “*f*” e um propensista “*p*”. O contexto “*c*” em que o debate ocorre pode ser expresso da seguinte forma:

c: Existem dois dados cúbicos, geometricamente iguais, numerados de 1 a 6; porém um dos dados é honesto “*h*” e o outro é viciado “*v*”. A probabilidade de sair o número 2 no dado *h* é $\frac{1}{6}$, já no dado *v* é $\frac{1}{4}$. Testes estatísticos comprovaram os valores apontados, tanto o *f* quanto *p* concordaram com os testes para a atribuição dos valores.

O diálogo ocorre quando o *p* resolve lançar um desafio a *f*.

p: A sua teoria afirma que a probabilidade de sair 2 em um dado (*v* ou *h*) é a frequência deste resultado em um coletivo estatístico composto por um número considerável de lances, no qual a frequência converge para determinado valor quando os números de lançamentos tendem para o infinito?

f. Sim

p: E se resolvêssemos intercalar, entre todos os lançamentos do dado *v*, alguns *poucos* lançamentos do dado *h*. Você diria que o resultado final seria alterado?

f: alguns *poucos* lançamentos do dado *h* não iria alterar o resultado de $\frac{1}{4}$ obtido frequencialmente, em uma sequência longa, com o dado *v*.

p: Então, no experimento proposto, você será forçado a afirmar que a probabilidade de sair 2 no dado *h* deverá ser de $\frac{1}{4}$; pois este é o valor obtido frequencialmente no coletivo em questão.

f: Mas você me enganou alterando o coletivo; o coletivo composto com dados distintos não é um coletivo genuíno.

p: Concordo com sua afirmação, então você está me falando que a frequência de um determinado evento em um coletivo é extremamente dependente da forma como o experimento é produzido?

f: Sim.

p: Com isso você é obrigado a afirmar que o arranjo experimental fornece *propensões* (tendências) à frequência para ela se comportar de determinada maneira em um coletivo.

Deste diálogo pode-se concluir que a teoria frequencial de Von Mises é fruto de uma estrutura de propensões originada experimentalmente. O dado *v* possui determinada frequência em um coletivo, pois, antes de iniciar o teste, a forma como o dado foi feito (material, geometria, distribuição da massa no volume, etc.) e as condições experimentais vigentes ofereceram propensões ao dado para se comportar de determinada maneira. O teste frequencial apenas capta e apresenta as propensões existentes. Segundo Popper:

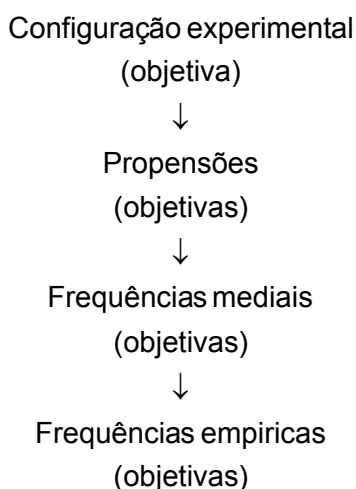
A interpretação da frequência encara sempre a probabilidade como sendo relativa à sequência que se supõe como dada; e trabalha com base na suposição de que a probabilidade é *uma propriedade de alguma sequência dada*. Mas com a nossa modificação, a sequência, por seu turno, é definida por sua série de condições geradoras; e de tal modo que se pode dizer agora que a probabilidade é *uma propriedade de condições geradoras*. (POPPER, 1987, p.354)

Com isso Popper defende que a *teoria frequencial* é apenas o resultado de uma teoria mais geral, a *teoria das propensões*.

Para resumir, a interpretação em termos de propensão deve ser apresentada como mantendo a idéia de que as probabilidades são frequências estatísticas conjecturadas ou calculadas em sequências longas (atuais ou virtuais). No entanto, prestando atenção ao fato de que essas sequências são definidas pela maneira como seus elementos são gerados – isto é, pelas condições geradoras – podemos mostrar que somos obrigados a atribuir as nossas probabilidades conjecturadas a essas condições geradoras: somos obrigados a admitir que elas dependem dessas condições, e que podem mudar com elas. (POPPER, 1987, p. 357)

Para uma melhor compreensão da ligação entre a teoria da propensão e a teoria da frequência, será importante voltar para a análise popperiana apresentada no final do segundo capítulo desta dissertação. Ao avaliar a teoria frequencial, Popper adota um plano meta-teórico distinto para anular o axioma da convergência pelos motivos já apresentados, e para isso ele adota o conceito de frequência medial. A frequência medial postula a existência prévia de um ponto de acumulação das frequências em determinado coletivo, com isso a convergência da frequência no infinito não seria fruto de um raciocínio indutivo, mas resultado do próprio coletivo em questão. Parece que essa necessidade de Popper em anular o axioma do limite, e adotar essa solução meta-teórica, o fez perceber que as características (objetivas) de determinado coletivo influenciavam a frequência medial neste mesmo coletivo. Desta forma Popper percebeu que as condições experimentais que compõe determinado teste empírico são diretamente influenciadoras nos resultados estatísticos do mesmo. Sendo assim, após essa solução apresentada em *A Lógica da*

Pesquisa Científica, o pensador vienense conjectura que condições experimentais determinam as probabilidades de determinado coletivo. Com isso pode-se defender a tese de que *variações experimentais* determinam *variações probabilísticas* (diferentemente do ponto de vista subjetivista, o qual assume que *variações informacionais* determinam *variações probabilísticas*). Perceba que a noção de *variação informacional* carrega um conteúdo subjetivo (estados de conhecimento) enquanto a de *variação experimental* carrega um conteúdo objetivo (estados do mundo). O esquema representa um breve esboço de como se deriva a teoria da frequência padrão pela teoria das propensões:



Voltando ao diálogo exposto neste capítulo, percebe-se que o defensor da propensão deseja justificar o comportamento da frequência empírica (observada no coletivo) pela configuração experimental em questão. Neste caso a estrutura experimental cria propensões para a frequência se comportar de determinada maneira, sendo que as frequências mediais se encontram previamente estabelecidas. O esboço apresentado ajuda na compreensão do raciocínio do defensor da propensão como forma de interpretação do cálculo de probabilidade, mostrando como se pode excluir o axioma da convergência

da teoria da frequência e desenvolver um novo arcabouço teórico para esta teoria. Segundo a interpretação em termos de propensão, não existe convergência para a determinação da probabilidade de sair, por exemplo, o número 2 no dado honesto do diálogo apresentado. O teórico desta vertente irá argumentar que as frequências empíricas apenas se comportaram de forma a se concentrarem nos pontos de acumulação pré-estabelecidos pela configuração experimental em questão, e que as propensões se atualizam na medida em que o experimento se dá.

(...) as propensões podem ser explicadas como possibilidades (ou como medidas ou pesos de possibilidades) que são dotadas de tendências ou disposições para se concretizarem, e que se considera serem responsáveis pelas frequências estatísticas com as quais se concretizam em sequências longas ou em repetições de um experimento. As propensões são, assim, introduzidas de modo a ajudar-nos a explicar e a prever as propriedades estatísticas de determinadas sequências; e essa é a sua *única função*. (POPPER, 1987, p. 350)

Ainda tendo como base o esquema acima, pode-se ressaltar o caráter extremamente objetivista dessa linha, onde todo o processo é interpretado como sendo característica do mundo, e não como sendo aspectos graduais do conhecimento. A teoria chega a postular a existência de campos de propensões, e os compara aos campos de força³⁷ na física:

Um enunciado sobre propensões pode ser comparado a um enunciado sobre a força de um campo elétrico. Só podemos testar esse enunciado se usarmos um corpo de teste e medirmos o efeito do campo nesse corpo. Mas o enunciado que testamos refere-se ao campo, as *propriedades predisponentes* do campo, e não ao corpo. Assim como podemos considerar que o campo é fisicamente real, podemos considerar as propensões como fisicamente reais. Elas são propriedades relacionais do arranjo experimental. (Popper, 2010, p. 200)

Em outra passagem Popper informa:

³⁷ “Para Newton, a força era um conceito dado *a priori*, intuitivamente. (...) resumindo: o conceito de força gravitacional, em última instância, é uma idéia irreduzível no esquema conceitual newtoniano da ciência física. Ele se distingue de outros tipos de força por sua universalidade e sua consequente importância para as considerações astronômicas e cosmológicas. Seus aspectos quantitativos são extraídos da observação experimental, e sua natureza última é desconhecida.” (JAMMER, 2011, p. 163-178)

A tendência para que as medidas estatísticas se mantenham, se as condições se mantiverem estáveis, é uma das características mais notáveis do nosso universo. Sustento que isso só pode se explicado pela teoria da propensão; pela teoria segundo a qual há possibilidades ponderadas que são *mais do que meras possibilidades*, são como tendências ou propensões para se tornarem realidade; ou propensões para se realizarem a si mesmas, as quais estão inerentes a todas as possibilidades em vários graus e que são algo como as forças que mantém as estatísticas estáveis. Isto é uma *interpretação objetiva da teoria das probabilidades*. Assume ela que as propensões não são meras possibilidades mas sim realidades físicas. (POPPER, 1991, p.24)

O filósofo assume que existem situações onde a determinação das condições experimentais é difícil de estabelecer, porém, mesmo assim, ele defende um viés objetivista para elas. Em suas palavras:

A interpretação subjetiva da probabilidade pode talvez ser sustentável como interpretações de determinadas situações de jogo – corridas de cavalo por exemplo – nas quais as condições objetivas do acontecimento são mal definidas e irreproduzíveis. (não acredito, no entanto, que seja aplicável mesmo a situações como essas: poder-se-ia defender – se valesse a pena – para a idéia de que um jogador, ou um apostador racional, tenta descobrir, a fim de apostar, são as propensões *objetivas*, as possibilidades *objetivas* do acontecimento. Assim, o homem que aposta em cavalos está ansioso por obter mais informações sobre cavalos – mais do que informações sobre seu próprio estado de crença, ou sobre a força lógica da informação na sua posse.) Contudo, no típico jogo de azar – digamos, a roleta, os dados ou atirar a moeda ao ar – e em todos experimentos físicos, a interpretação subjetiva falha completamente, como vimos. É que em todos esses casos as probabilidades dependem das condições *objetivas* do experimento. (POPPER, 1987, p. 348-349)

Sobre o problema da interpretação propensional para situações irreproduzíveis e com impossibilidade de determinação de coletivos, uma parte da conclusão desta dissertação se dedica a apresentar dificuldades e limites para essa teoria. Popper assume que a sua tese interpreta corretamente as situações reproduzíveis e com coletivos especificados, com isso, no momento, serão tratados apenas exemplos com estas características.

No primeiro capítulo, as interpretações abordadas foram formalizadas em termos de probabilidades condicionais. Quanto à teoria da propensão, pode-se apresentá-la da seguinte forma:

$$p(A | B) = r$$

Onde se lê: “(...) as condições [experimentais] B produzem uma propensão r para que se realize o resultado A ” (POPPER, 1987, p. 296)

3.3. Propensões para probabilidades singulares e o debate metafísico

Uma das grandes virtudes da teoria da propensão é o fornecimento de uma interpretação teórica objetivista para os casos de probabilidades singulares. Como já foi dito anteriormente, a teoria da frequência não consegue dar significado para estes casos na forma como Mises a desenvolveu. O problema das probabilidades singulares se mostra como ponto essencial nas discussões sobre fundamentos da probabilidade e filosofia da probabilidade, pois, também como já foi relatado, espera-se de uma boa teoria da probabilidade uma boa solução para esse tema.

Popper deixa claro seu objetivo na seguinte passagem:

Não é minha intenção definir *probabilidade* – e ainda menos a probabilidade de *acontecimentos individuais*: não precisamos de uma definição (já que temos um sistema axiomático), mas apenas de uma interpretação; e vou tentar dar uma interpretação e torná-la intuitivamente mais aceitável do que a expressão *medidas de possibilidades*. Proponho que se interprete a probabilidade objetiva de um acontecimento individual como sendo a medida de uma propensão objetiva – da força da tendência, inerente à situação física específica, para concretizar o acontecimento – para fazer com que ele aconteça. (POPPER, 1987, p. 389)

Mais uma vez se percebe que o filósofo deseja fornecer uma boa interpretação objetivista para o problema das probabilidades singulares, sanando os problemas enfrentados pela teoria de Mises.

Para elucidar a interpretação das probabilidades objetivas de acontecimento individuais, talvez seja útil começar por assinalar que uma propensão 1 significa que o acontecimento é certo, ou, pelo menos, quase certo que se dê, e que uma propensão 0 significará que o acontecimento é certo, ou, pelo menos, quase certo que não se dê. (POPPER, 1987, p. 390)

Definindo a propensão um (1) como as condições experimentais que determinarão o resultado requerido e a propensão zero (0) como as condições experimentais que inviabilizarão tal resultado, pode-se interpretar, por exemplo, a propensão 0,7 como as condições experimentais que gerarão maiores tendências para a ocorrência do resultado do que sua não ocorrência. Assim Popper mostra como se interpreta os valores probabilísticos no seio da sua teoria, sempre os justificando pelas condições experimentais vigentes e nunca pela falta de informação destas condições.

Mas isto leva imediatamente a questão de saber se não é *a nossa falta de conhecimento das condições precisas*, em vez das próprias circunstâncias, que origina probabilidades que não sejam um nem zero. Se a resposta a essa pergunta for *sim*, temos de abandonar a teoria objetiva. Se a resposta for *não*, podemos, assim parece, aplicar a teoria apenas a acontecimentos que são indeterminísticos no sentido em que nem sequer o conhecimento mais completo das circunstâncias tornaria o resultado previsível. (POPPER, 1987, p. 390)

Ao abordar o estudo dos casos singulares, o filósofo foi levado ao debate metafísico entre *determinismo* e *indeterminismo*. “A doutrina metafísica do determinismo afirma muito simplesmente que todos os acontecimentos deste mundo são fixos, inalteráveis e pré-determinados” (POPPER, 1988, p. 28). A posição indeterminista afirma justamente o contrário. Tanto o *determinismo* quanto o *indeterminismo* são posições metafísicas, logo são irrefutáveis³⁸ segundo Popper. Com isso diferentes teóricos interpretam o mundo por diferentes “lentes” metafísicas, o que influencia diretamente o conteúdo das teorias desenvolvidas pelos mesmos. Para Popper, as interpretações subjetivistas para o cálculo de probabilidade são fundamentadas por concepções deterministas de mundo (lembrar de Laplace, tópico 1.2.1). Por mais que os defensores dessas posições não queiram levar o debate para o

³⁸ POPPER, 1988, p. 94

campo metafísico, Popper assume que existe um “preconceito” determinista por trás de toda interpretação subjetiva. No caso de probabilidades singulares para o lançamento de uma moeda, o subjetivista sempre tenderá a argumentar que qualquer valor entre 0 e 1 representa falta de informações necessárias (limites epistêmicos). Com isso, em referência a Laplace, Popper acusa os subjetivistas de adotarem um determinismo implícito nesse tipo de defesa, uma vez que para eles, se fossem dadas todas as informações corretas e possíveis, só existiriam dois valores possíveis para as probabilidades singulares, 0 ou 1. Para uma melhor compreensão das interpretações probabilísticas para casos individuais serão avaliados três experimentos: a *lâmina de Landé*, o *hexstat* e a *dupla fenda*, sendo o primeiro um experimento de pensamento e os dois últimos testes empíricos. A análise destes casos mostrará como diferentes interpretações se posicionam para explicar as probabilidades singulares e, conseqüentemente, todo o experimento.

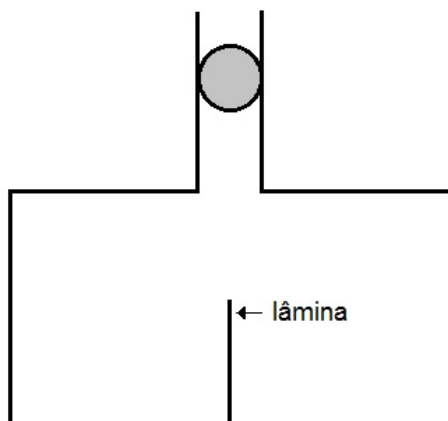
3.3.1. A lâmina de Landé

A lâmina de Landé³⁹ é um experimento de pensamento feito para avaliar a interpretação de probabilidades singulares e posições metafísicas distintas. Karl Popper (1988, p. 104) traduz o texto do Landé onde este experimento é apresentado. Será exposta rapidamente a idéia central do experimento para uma análise teórica.

O resumo do experimento de pensamento proposto pelo físico alemão pode ser representado da seguinte maneira: bolas de marfim descem por um

³⁹ Alfred Landé (1888 – 1976), físico alemão que defendia uma interpretação estatística para a física quântica.

tubo e caem no centro de uma lâmina fina de aço, sendo que 50% das bolas vão para o lado direito da lâmina e 50% para o lado esquerdo. Esse experimento pode ser ilustrado da seguinte forma:



O que Landé deseja propor para discussão é a interpretação (determinista e indeterminista) sobre a probabilidade de uma bola específica (caso singular) cair, por exemplo, no lado direito. Segundo o físico, um determinista frente à distribuição estatística (50% para cada lado) argumenta que a probabilidade real de uma bola específica cair do lado direito deve ser 0 ou 1, e que qualquer valor intermediário é fruto da falta de conhecimento necessário. Atribuir o valor 0,5 para uma esfera em especial é apenas reconhecer que não se tem conhecimento o suficiente para se chegar a um resultado mais apurado, e que se isso fosse possível, o valor poderia ser alterado.

(...) um físico mais capaz pode estar apto para prever que uma bola *d* possuía, mesmo antes de atingir a lâmina, uma leve preponderância para a direita. Esta previsão pressupõe que o observador tem um dispositivo ótico, uma espécie de lâmina ótica, que faz o mesmo serviço de separar as bolas que a lâmina faria mais tarde. (LANDÉ, p. 397, 1988, tradução nossa)

Assim Landé mostra como um físico determinista poderia argumentar a favor de uma apuração no valor probabilístico adquirindo novas informações. É importante ter em mente o subjetivismo bayesiano (tópico 2.2.1), o qual propõe

formular hipóteses distintas para graus de evidências distintas. Nesse caso descrito por Landé, um físico capaz de aumentar as evidências sobre o lado que a bola cairá, poderá formular uma hipótese mais acurada⁴⁰. Landé argumenta contra este tipo de análise mostrando que a posição determinista leva a um regresso *ad infinitum*, pois o determinista sempre terá que ligar o efeito analisado com a sua causa antecessora, temporalmente e localmente especificadas. Desta forma:

(...) quando o determinista é questionado por uma explicação causal da razão media 50:50 das bolas, ele responde que esta razão estava, também, pré-determinada muito antes do tubo e da lâmina terem existido. (LANDÉ, p. 398, 1988, tradução nossa)

Quando o determinista percebe que a bola cairá para a direita devido a um leve contato com uma parte sutil do tubo, ele será forçado a explicar a causa deste contato, e não é necessário maiores explanações para se perceber o regresso que esse tipo de análise gera. Qualquer explicação determinista pressupõe que todos os acontecimentos se distribuem numa cadeia causal específica, e que qualquer valor incerto é fruto da falta de conhecimento necessário para compreender essa cadeia causal⁴¹. A metafísica determinista exclui a incerteza objetiva e, como Landé quer defender que “a distribuição aleatória é uma realidade física” (LANDÉ, p. 398, 1988, tradução nossa), a incerteza deve ser tomada como parte do mundo, e não como fruto da ignorância. A teoria da propensão coloca a incerteza como parte objetiva do mundo, e Popper estuda o experimento da lâmina de Landé para fortalecer seu argumento a favor da incerteza genuína. Para se adotar a teoria da propensão como interpretação do

⁴⁰ Popper relaciona as interpretações subjetivas do cálculo de probabilidade com a metafísica determinista porque o determinista tende a argumentar exatamente como os subjetivistas para casos como este.

⁴¹ “Na atividade científica moderna está implícito o pressuposto de que os fenômenos naturais são regidos por leis, mas, no mundo natural, esses fenômenos se justapõem de formas muito complexas.” (CHALMERS, 1994, p. 92)

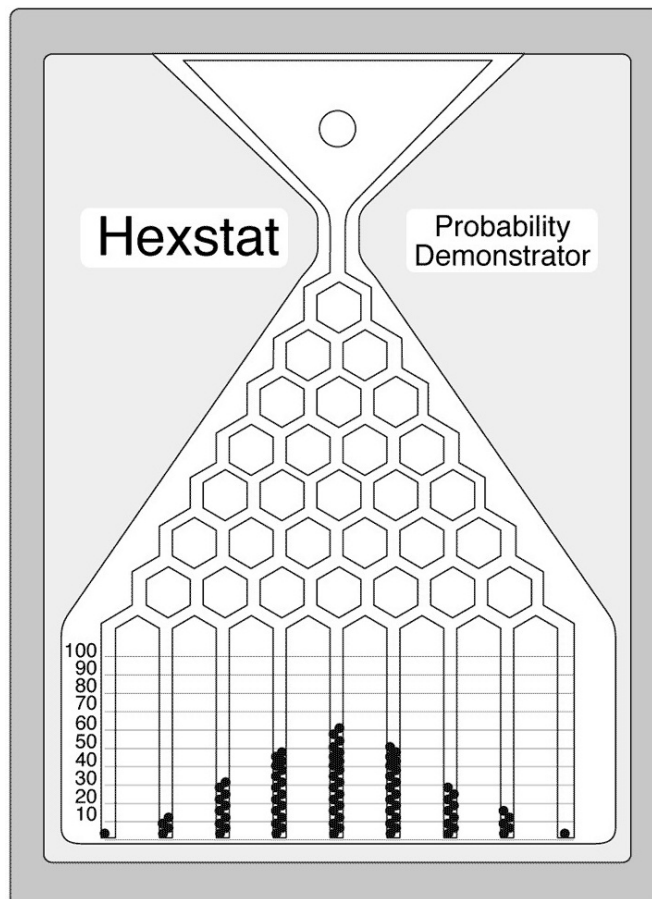
cálculo de probabilidade (e a sua solução para os casos singulares) deve-se olhar para o mundo com os “olhos” do indeterminista e defender a incerteza como parte constitutiva do mundo. Olhando para o experimento de Landé pela teoria da propensão, pode-se dizer que a distribuição observada é resultado das tendências (objetivas) geradas pelo *setup* experimental (objetivo) e que a frequência observada é resultado dos pontos de acumulação de frequências relativas geradas pelas propensões do aparato experimental. A teoria da propensão defende que a aleatoriedade observada na lâmina de Landé é uma distribuição objetiva, sendo atualizações de propensões experimentais à medida que o experimento se dá. O valor de 50% denotado para uma esfera em específico não representa falta de conhecimento necessário, mas sim as propensões físicas que o experimento gerou. Qualquer variação experimental nesse teste implicará em uma variação propensional.

Qualquer mudança da posição da lâmina muda as possibilidades inerentes ao dispositivo experimental, bem como as condições de simetria deste. Mais exatamente, muda a medida dessas possibilidades: um desvio para a esquerda aumenta a possibilidade de obter bolas na direita. Ao chamar às medidas de possibilidades probabilidades objetivas ou *propensões*, estou simplesmente a usar outra palavra; mas faço-o para chamar a atenção para o fato de essas possibilidades serem agora consideradas *magnitudes físicas* que, tal como as forças, podem interagir e combinar-se, e de elas poderem, portanto, ser consideradas, apesar do termo possibilidade, *fisicamente reais*: não são simplesmente possibilidades lógicas, mas sim *possibilidades físicas*. (POPPER, 1988, p. 107)

3.3.2. O hexstat

Karl Popper (1989, p. 86-87) se ocupa de analisar a distribuição probabilística de esferas rolando por uma tábua de pregos. Porém existe um experimento similar e mais sofisticado, o *hexstat*. Pode-se resumir o hexstat da

seguinte maneira: o experimento é composto por obstáculos na forma de hexágonos regulares, pelo qual as esferas que descerão no dispositivo se chocarão, tendo que seguir pela esquerda ou pela direita do obstáculo. Os obstáculos estão dispostos na forma como mostra a ilustração abaixo⁴²:



Outra forma de analisar o experimento acima é considerá-lo como uma associação de “lâminas de Landé”, com isso ele se apresenta como um dispositivo mais interessante para avaliar as situações singulares e suas possíveis interpretações. Para não repetir a mesma pergunta do experimento de Landé (a de saber o lado que a esfera seguirá em cada colisão), uma pergunta mais interessante pode ser formulada sobre cada caso individual: “ao se alterar sutilmente a posição de um dos obstáculos, alterar-se-á também a probabilidade de uma esfera em específica alcançar uma determinada posição

⁴² <<http://berkeleyphysicsdemos.net/sites/default/files/C+55+05.gif>> Acessado em 28/12/2014.

final no experimento?”. Um determinista tenderá a afirmar que não é capaz de responder a esta pergunta pela falta de informações necessárias. Logo qualquer resposta que ele fornecer será fruto de sua ignorância. Mas se o mesmo possuir acesso a todas as informações necessárias seria capaz de prever a trajetória de uma única esfera e, conseqüentemente, informar se o obstáculo alterado influenciou a probabilidade de determinada esfera alcançar certa posição. Um propensista deverá assumir que qualquer alteração experimental resultará em alterações nas propensões existentes no aparato, assim se alteram todas as probabilidades. Uma simples alteração milimétrica na posição de um obstáculo influenciará diretamente a probabilidade da queda de uma esfera. Citando Popper (sobre a retirada de um prego em uma tábua de pregos):

Isto irá alterar a probabilidade para cada experiência individual com cada uma das esferas, quer a esfera se aproxime efetivamente do local de onde retiramos o prego ou não. (...) podemos perguntar: como é que a esfera *sabe* que se retirou um prego se ela nunca se aproxima desse local? A resposta é que a esfera *não sabe*; mas a tábua no seu todo *sabe* e altera a distribuição de probabilidades, ou propensão, para cada esfera, fato que pode ser testado por testes estatísticos. (POPPER, p. 87, 1989)

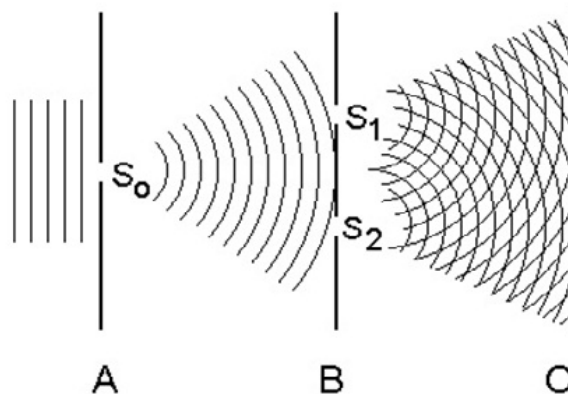
Outra forma de argumentar a favor de Popper é mostrando que a retirada (ou alteração da posição) de cada obstáculo influencia (mesmo que minimamente) a probabilidade da queda de uma esfera, pois à medida que se continua a retirar os obstáculos consecutivamente, a interferência propensional na queda de uma esfera vai se tornando considerável.

3.3.3. A dupla fenda

Antes de iniciar a exposição e análise deste experimento é necessário fazer algumas ressalvas. A primeira é que devido à sequência das exposições (visto que o hexstat foi tratado como uma associação de lâminas de Landé) o leitor pode ser levado a associar, de alguma forma, a dupla fenda com o hexstat. Esta associação é, no entanto, falsa. O experimento de dupla fenda é *ímpar*, no papel que a probabilidade adquire, pois nele existirá sobreposição gerando interferência. A segunda ressalva é que as probabilidades no hexstat (ou na tábua de pregos que Popper avaliou) são probabilidades aditivas, logo a probabilidade total do experimento equivale à soma das probabilidades das partes. Na dupla fenda não existe probabilidades aditivas, pois devido ao padrão de interferência observado, a soma das probabilidades das partes não condiz com a probabilidade de todo o experimento. Este é um dos grandes mistérios da física quântica. A última observação a ser feita é que não é objetivo deste trabalho propor qualquer tipo de solução física para esse problema, nem entrar no debate sobre os vários tipos de interpretações para ele. Este texto se ocupará de fornecer uma interpretação probabilística para as distribuições estatísticas do experimento, e nada mais. Sobre a questão da natureza de elétrons, fótons, ondas e partículas, os físicos são os mais aptos para estudá-los e pesquisá-los.

Será exposto o experimento de dupla fenda por uma perspectiva da física clássica, para logo após tratar do problema quântico. Observe a ilustração abaixo⁴³:

⁴³ <<http://www.if.ufrgs.br/tex/fisica-4/young.gif>> Acessado em 29/12/2014



Uma fonte de luz incide um feixe monocromático no anteparo A. este feixe sofre difração devido à fenda S_0 , em seguida o feixe difratado incide no anteparo B e sofre mais duas difrações devido a presença das fendas S_1 e S_2 . Ao se traçar uma linha imaginária ligando o centro das fendas S_1 e S_2 a um ponto aleatório do anteparo C, se percebe uma diferença na distância percorrida pelos feixes luminosos provenientes de cada uma destas fendas, o que provoca sobreposições ondulatórias ao longo do caminho entre os anteparos B e C e, com isso, um padrão de interferência é observado no final. O experimento feito com ondas na água forneceria os mesmos resultados. O desafio desse experimento começa quando se diminui a intensidade da fonte luminosa até se emitir um fóton por vez (também funciona com elétrons). Fótons e elétrons são espacialmente localizados (partículas) enquanto ondas são espacialmente espalhadas. Essa é uma definição padrão que vários físicos estão de acordo⁴⁴. Ao se emitir um fóton (espacialmente localizado) por vez da fonte, se detecta no anteparo C um fóton por vez (espacialmente localizado). O mesmo ocorre com emissões de elétrons, “ora, se uma chapa fotográfica é escurecida, supomos que ela foi atingida naquele ponto por raios ou partículas de matéria” (HEISENBERG, 2011, p. 17). Suponha que a fonte emita um fóton

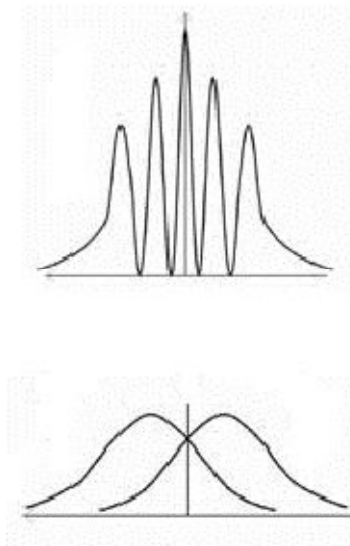
⁴⁴ PESSOA Jr., 2003, p.2

por vez, consecutivamente, e a fenda S_2 é fechada. Após um período de tempo um grande número de fótons se concentrará no anteparo C em frente à fenda S_1 e, à medida que se afasta deste ponto no anteparo, o número de detecções vai diminuindo. Pode-se dizer, então, que a probabilidade de um fóton qualquer alcançar o ponto em frente à fenda S_1 é maior que nas outras posições. O mesmo ocorre para a fenda S_2 quando a fenda S_1 é fechada. Contudo, ao emitir um fóton por vez com as duas fendas abertas, após certo intervalo de tempo, a distribuição de fótons detectado no último anteparo não corresponde à soma das situações de detecções com as fendas abertas individualmente, mas sim a um padrão de interferência ondulatório. Logo a probabilidade de se encontrar um fóton em determinado ponto no anteparo quando as duas fendas estão abertas não pode ser a soma das probabilidades de se encontrar um fóton em um ponto quando cada uma delas estão abertas sozinhas.

A questão é: como se pode entender que elétrons se distribuem de um jeito quando passam pela fenda 1 e de outro quando passam pela fenda 2 sem que se obtenha a soma deles quando as duas fendas estão abertas? Por exemplo, se coloco o detector no ponto q , com as duas fendas abertas, não percebo praticamente nada. Se fecho uma das fendas, percebo muitos elétrons; se fecho a outra, percebo alguns; se deixo as duas abertas não tenho nada. Deixo que passem pelas duas fendas e eles não chegam mais! (...) vou resumir: os elétrons chegam como partículas, mas a probabilidade de chegada dessas partículas é determinada como se fosse a intensidade de ondas. (FEYMAN, 2012, p. 144)

Ao colocar detectores nas fendas para saber por qual o fóton passará e executar, novamente, o experimento, não será observado mais um padrão de interferência, e sim um padrão relativo à soma das detecções observadas com cada uma das fendas abertas. Com isso, a probabilidade final de se detectar um fóton no último anteparo, neste caso, corresponde à soma das probabilidades de se detectar um fóton quando cada uma das fendas estão abertas separadamente. “Em conclusão: quando medimos por qual fenda os

elétrons passam, eles se comportam como balas de revólver” (PESSOA Jr., 2003, p. 155). As figuras abaixo mostram, respectivamente, o padrão observado quando não se marca o caminho dos fótons e quando se marca:



A primeira curva é interessante porque se o experimento fosse feito com ondas na água a mesma seria uma representação da variação das intensidades (energia) com a qual as ondas chegariam ao anteparo. Porém como o experimento está sendo feito com fótons (especialmente localizados), a curva representa a probabilidade de se encontrar um fóton em determinada região. Em uma situação clássica a curva representa variações na amplitude da onda, enquanto em uma situação quântica ela representa variações na *amplitude de probabilidade* dos fótons ou elétrons.

A explicação das diferenças probabilísticas desse experimento, pela teoria da propensão, de acordo com Popper, se segue:

Do ponto de vista da interpretação em termos de propensão a resposta é simples: *é todo o dispositivo experimental que determina as propensões*. Os resultados possíveis de qualquer experiência são claramente diferentes no caso de ambas as fendas estarem abertas e no caso de apenas uma estar aberta. Mas, como sabemos, as propensões dependem das possibilidades. Podemos, por isso, compreender o fato de os resultados diferirem. A diferença decorre da teoria matemática – do caráter ondulatório das equações que determinam as propensões.

Assim a partícula passará apenas através de uma das fendas e, num certo sentido, não será influenciada pela outra fenda. O que a outra fenda influencia são as propensões da partícula relativamente ao dispositivo experimental inteiro, e não à partícula em si: as propensões de alcançar um ponto ou outro no segundo écran [anteparo]. (POPPER, 1989, p. 160-161)

Assim ele fornece uma explicação para as distribuições estatísticas observadas na dupla fenda, sendo elas resultados das propensões objetivas presentes em todo aparato experimental.

Através da teoria das propensões, Popper vai aceitar que todas as variáveis, ou que a maior parte delas, sejam levadas em conta nos experimentos. (...) Para ele, os experimentos da física quântica, como a experiência da dupla fenda, por exemplo, confirmam estas suas idéias. (ARAUJO NETO, 2012, p. 28)

Sobre a introdução de um dispositivo para marcar o caminho dos fótons ou elétrons, o filósofo comenta⁴⁵:

Qualquer dispositivo assim mudará a experiência; e o cálculo da experiência mostrar-nos-á que a mudança destrói as franjas (o que sabemos, uma vez que a teoria implica as relações de Heisenberg). Interpretamos estes resultados de forma a significar que as propensões – que dependem do dispositivo – mudaram. Não precisamos sequer de perguntar se a mudança se deve a uma interferência com o elétron (como no caso do feixe luminoso que guarda as fendas) ou apenas à interferência com as possibilidades, isto é, as próprias propensões (como no caso de se fechar uma fenda): tudo o que precisamos saber em todos estes casos é que a equação de onda que nos permite determinar as propensões implica as relações de dispersão de Heisenberg e que estas limitam previsões possíveis. (POPPER, 1989, p. 161)

Para finalizar este assunto será feito um breve comentário sobre a aplicação tecnológica desse tipo de distribuição e comportamento probabilístico de elétrons. Os *chips* utilizados em uma variedade de aparelhos eletrônicos nos dias atuais são feitos com base em cristais semicondutores que funcionam através das distribuições estatísticas eletrônicas. Sobre este ponto, Chaves afirma:

⁴⁵ “As perguntas corretas, portanto, seriam: pode a mecânica quântica representar o fato de que um elétron se encontra aproximadamente (ou seja, com uma certa imprecisão) num determinado lugar e se move aproximadamente (de novo, com uma certa imprecisão) com determinada velocidade? Podemos tronar essas aproximações tão estreitas que elas não provoquem dificuldade experimentais?” (HEISENBERG, 2011, p. 95-96)

O movimento individual de nenhum elétron pode ser previsto, mas o movimento coletivo do gás de elétrons pode ser calculado com a precisão suficiente pra se prever o comportamento de todo o *chip*. (2005, p. 210)

De acordo com o que foi visto na experiência de dupla fenda, pode-se dizer que os padrões de distribuição estatística podem ser previstos com base no tipo de dispositivo experimental utilizado, mesmo não tendo certeza do ponto a ser alcançado por cada elétron individualmente. É possível determinar (probabilisticamente) o comportamento do coletivo estatístico final⁴⁶, mesmo sem saber nada sobre os casos singulares. Apesar da dificuldade em se interpretar a probabilidade singular na física quântica (como em qualquer área), o comportamento estocástico do coletivo de elétrons analisado possui aplicação prática.

A teoria propensional de Popper possui bons argumentos para explicar as probabilidades singulares e as distribuições estatísticas na física, tudo por uma perspectiva objetivista. Mas como toda teoria, ela também apresenta seus pontos fracos e dificuldades interpretativas. Torna-se necessário concluir o trabalho ponderando as qualidades e dificuldades que existem na teoria da propensão, mostrando onde ela tem sucesso explicativo e onde ela deixa a desejar.

⁴⁶ “Mas na física quântica, o estado de coisas é completamente diferente. Aqui, as leis estatísticas são dadas imediatamente. As leis individuais são desprezadas. No exemplo de um fóton ou de um elétron, e dois orifícios, vimos que não podemos descrever o movimento possível de partículas elementares no tempo e no espaço como o fizemos em física clássica. A física quântica abandona as leis individuais das partículas elementares e enuncia *diretamente* as leis estatísticas que governam os agregados.” (EINSTEIN & INFELD, 2008, p. 235-236)

Conclusão

Como conclusão deste trabalho serão feitas considerações e ponderações em relação às vantagens e desvantagens da teoria da propensão. Primeiramente serão tratadas as virtudes e vantagens que a teoria da propensão apresenta em relação às outras interpretações apresentadas ao longo do texto e, logo em seguida, será mostrado as dificuldades e desvantagens que a teoria possui. Acredita-se que a grande contribuição da teoria desenvolvida por Popper é o fortalecimento dos argumentos a favor de uma interpretação objetivista para os fundamentos do cálculo de probabilidade, bem como uma solução para a “leitura” das probabilidades singulares. Como Miller observa:

(...) um dos grandes argumentos centrais utilizados contra o determinismo metafísico (o argumento conhecido como lâmina de Landé) também ilustra a necessidade de uma interpretação objetivista da probabilidade mais profunda do que a interpretação frequencial, e a interpretação propensional com certeza tem algum direito a ocupar esse papel (1997, p. 149).

Comparando a teoria da propensão com sua “irmã mais próxima”, a teoria da frequência, aquela parece fornecer interpretações melhores para eventos singulares. Como foi abordado ao longo da dissertação, a teoria de Mises não consegue fornecer interpretações para os eventos únicos, pois seu conceito de probabilidade é baseado em um coletivo estatístico. Antes da elaboração da tese popperiana, a teoria de Mises se apresentava como a única interpretação de viés objetivista para o cálculo de probabilidade. Assim as teorias subjetivistas se mostravam mais úteis para tratar desses casos individuais. Após a elaboração da teoria da propensão, os objetivistas passaram a possuir formas e métodos de interpretar as probabilidades singulares sem recorrer a

limites epistêmicos. Várias interpretações objetivistas, pós-teoria da propensão, tem como base as análises de Popper sobre o assunto. Para ilustrar a importância que as idéias sobre probabilidade de Popper tiveram sobre filósofos e físicos, o historiador da ciência brasileiro, Freire Jr., comenta:

É interessante notar que David Bohm discutiu pessoalmente várias vezes com Popper, simpatizando, em certa medida, com sua concepção da propensão. (...) Bohm já havia trabalhado na questão do significado das probabilidades na física – no Brasil com o físico W. Schützer – e chegou a conclusões muito próximas da *propensão* popperiana. (1999, p. 107)

A teoria da propensão, além de fornecer uma boa interpretação para as probabilidades singulares, consegue fornecer propostas de interpretações para as probabilidades na física, tanto na clássica como na quântica. A teoria de Popper foi a primeira interpretação objetivista do cálculo de probabilidade que conseguiu dar conta de fornecer explicações para os casos singulares, fortalecendo, assim, os argumentos objetivistas. A grande proposta e virtude que a teoria da propensão possui é conseguir justificar os casos de probabilidades singulares (e qualquer outro) através de propriedades do próprio mundo físico. Parece que seu aparato explicativo e teórico fornece suporte para os objetivistas argumentarem contra os subjetivistas em assuntos que, somente dotado da teoria frequencial, aqueles se calariam. Pode-se destacar, também como vantagem da teoria propensional, que a mesma não exclui a teoria frequencial, pelo contrário, se apresenta apenas como um conjunto axiomático distinto que permite deduzir a partir de seus postulados a teoria da frequência padrão. Desta forma se percebe que a grande preocupação de Popper era cobrir as falhas teóricas e interpretativas da teoria de Mises, mostrando que a teoria da frequência desenvolvida pelo matemático austríaco é de extrema importância para análises estatísticas. Porém a mesma deve

estar alicerçada na teoria da propensão para, assim, não gerar dificuldades interpretativas e riscos de ataques subjetivistas.

A primeira grande crítica dirigida a teoria de Popper pode ser tomada como uma crítica empirista, como relata Van Fraassen: “a teoria frequencial estrita de Reichenbach foi seguida por uma teoria da propensão manifestamente modal” (2006, p. 327). A teoria da propensão assume compromissos com a existência de modalidades na natureza, e o próprio criador reconhece este ponto. Assim diz Popper:

Como todas as propriedades disposicionais, a propensão apresenta alguma semelhança com as potencialidades de Aristóteles. Mas há uma diferença importante: não podem, como os aristotélicos poderiam se inclinar a pensar, ser inerentes às coisas individuais. Não são propriedades inerentes ao dado ou à moeda, mas a algo um pouco mais abstrato, se bem que fisicamente real: são propriedades relacionais de uma situação objetiva total; propriedades ocultas de uma situação cuja dependência precisa em relação à situação apenas podemos conjecturar. (1987, p. 357)

Ainda sobre este ponto, Araujo Neto comenta que: “Ele [Popper] fala de ‘propensão física oculta’ e ‘não diretamente observável’, e isto é muito parecido com o discurso metafísico” (2012, p. 29). Desta forma os defensores da teoria da propensão terão que carregar esse ônus de comprometimento metafísico, o que enfraquece os argumentos da teoria frente aos ataques empiristas. Outra crítica (ainda empirista) que a teoria de Popper terá que conviver pode ser exposta da seguinte forma: não faz sentido criar uma teoria modal (propensional) pela qual se deriva uma teoria empirista (frequencial). A proposta de criação dessa nova teoria desrespeitou o critério da navalha de Occam⁴⁷. Logo a teoria frequencial é preferível em detrimento da propensional.

Deixando de lado os ataques empiristas e assumindo a existência de modalidades na natureza, parece que a teoria da propensão funciona muito

⁴⁷ A navalha de Occam (lei da parcimônia), como critério de teorias, afirma que as entidades não devem ser multiplicadas sem necessidade. Teorias mais simples são preferíveis.

bem para situações repetíveis e com coletivos bem delimitados. Como foi mostrado neste trabalho (tópico 3.1), Popper reconhece a dificuldade de se interpretar situações irreproduzíveis, porém ele assume que sua teoria supera esta dificuldade. Em situações reproduzíveis, parece mais prudente justificar o comportamento frequencial do coletivo pelas condições experimentais vigentes. Isso porque em situações experimentais semelhantes os resultados obtidos serão muito parecidos. Da mesma forma, ainda trabalhando com situações reproduzíveis, é fácil promover variações experimentais e detectar variações probabilísticas através de testes estatísticos. O grande problema para o teórico da propensão é interpretar situações irreproduzíveis e de difícil obtenção de coletivos. Justificar as probabilidades dos acontecimentos raros ou irreproduzíveis pelas tendências experimentais objetivas parece ser uma saída *ad hoc* para se tratar o problema. Neste assunto o bayesianismo consegue mais sucesso do que a teoria da propensão. Gillies (2000, p. 187-205) propõe uma visão *pluralista* para os fundamentos do cálculo de probabilidade, ou seja, em diferentes assuntos se poderiam adotar diferentes posições. Para isso ele mostra que a teoria da probabilidade possui diferentes papéis em ciências sociais (como economia e política) e ciências naturais (física, química e biologia). Para Gillies, em situações reproduzíveis nas ciências da natureza, tratar a probabilidade como aspecto objetivo é mais útil e fértil para a teoria científica, enquanto nas ciências sociais é melhor tomar a probabilidade como subjetiva (epistêmica). Popper nunca concordaria com uma solução dessas.

A última crítica e dificuldade a ser direcionada para a teoria da propensão estão em torno da sua proposta de interpretação para a teoria quântica. Como foi mostrado aqui (tópico 3.3.3), Popper propõe que para a

interpretação dos dados obtidos nos experimentos da física quântica, todo o aparato seja levado em consideração. Seguindo sua análise, diferentes arranjos experimentais produziram diferentes propensões, influenciando os resultados estatísticos obtidos. Logo num experimento como o da dupla fenda, qualquer alteração experimental (como o fechamento de uma fenda ou a introdução de um marcador de caminho) geraria alteração na distribuição estatística final, pois as tendências (possibilidades objetivas) de todo experimento seriam alterados. Esta solução propensional para a distribuição estatística na física quântica parece muito com a explicação de Bohr, e Popper foi acusado de apenas repetir o que este físico já havia explicado. Segue-se um trecho com uma crítica à teoria da propensão:

porque as probabilidades de Bohr são propriedades objetivas de arranjos experimentais ou de situações naturais. E como Bohr introduziu sua visão muito antes, concluí que Popper, provavelmente, apenas repetiu Bohr. (FEYERABEND, 2003, p. 219)

Bohr realmente propôs, antes de Popper, que todo experimento fosse levado em conta nas análises das distribuições estatísticas finais, e que qualquer alteração experimental implicaria em uma alteração estatística. Nas palavras do físico:

Com respeito à especificação das condições para uma aplicação bem definida do formalismo, é ainda essencial que *todo o dispositivo experimental* seja levado em conta. Na verdade, a introdução de qualquer outro aparelho na trajetória de uma partícula, como um espelho, por exemplo, poderia produzir novos efeitos de interferência, que influenciariam essencialmente nas previsões referentes aos resultados a serem finalmente registrados (BOHR, 2012, p. 62)

Freire Jr. (1999, p. 206-207) também argumenta que a teoria de Popper possui certa proximidade com a proposta bohriana e bohmiana, a proposta da *totalidade* experimental⁴⁸. Parece que a diferença da proposta de Popper para

⁴⁸ “Portanto, ao abordar a questão de várias maneiras, a teoria quântica e a da relatividade concordam, no ponto em que ambas indicam necessidade de se ver o mundo como uma *totalidade indivisível*, que todas as partes do universo, incluindo o observador e seus instrumentos, se fundam e se unam em uma

a de Bohr é apenas no âmbito lingüístico. Por exemplo, onde Bohr afirmar que “toda observação introduz um elemento incontrolável” (1928, p. 589, tradução nossa) Popper diz que toda observação produz propensões distintas.

Esta dissertação procurou pesquisar e apresentar as soluções que a teoria da propensão (desenvolvida por Popper) propõe para o problema dos fundamentos do cálculo de probabilidade, o problema das interpretações dos eventos singulares e o problema da análise dos dados estatísticos de alguns experimentos. A teoria propensional, como foi relatado, possui virtudes em interpretar testes experimentais reproduzíveis e com coletivos bem delimitados, logo seu papel nas análises estatísticas das ciências empíricas se mostra frutífero e de grande ajuda. É importante reconhecer que essa teoria tem limites explicativos e teóricos, pois para situações irreproduzíveis a teoria da propensão não se mostra efetiva e capaz de fornecer boas explicações para os eventos em questão. O cálculo de probabilidade se apresenta como uma ferramenta essencial para a ciência contemporânea, seja ela social ou natural. Porém é preciso considerar que apesar do formalismo matemático ser o mesmo, o papel que esses números e axiomas adquirem nas ciências sociais é distinto das ciências naturais. Para ilustrar brevemente este ponto, pode-se dizer que a distribuição e previsões estatísticas (fundamentadas no cálculo matemático de probabilidades) para a física quântica são completamente distintas das distribuições e previsões estatísticas (fundamentadas no mesmo cálculo matemático de probabilidades) que, por exemplo, a economia trata. Estudar a probabilidade de um elétron alcançar determinado ponto em um anteparo é completamente distinto de estudar a probabilidade de crescimento

totalidade. Nessa totalidade, a forma atomista da visão é uma simplificação e uma abstração, válida apenas em algum contexto limitado.” (BOHM, 2008, p. 26)

do PIB de determinada economia. Parece que os fundamentos que a probabilidade adquire em cada um destes exemplos são diferentes, fazendo com que o diálogo e o pluralismo das interpretações sejam necessários para uma melhor compreensão das ciências produzidas pelo homem.

Referências Bibliográficas

ARAUJO NETO, G. A. Teoria das propensões. In: OLIVEIRA, P. E. (org.). *Ensaio sobre o pensamento de Karl Popper*. Curitiba: Círculo de Estudos Bandeirantes, 2012. p. 19-31.

BECKMAN, O. R; COSTA NETO, P. L. O. *Análise estatística da decisão*. 2. e.d. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

BOHM, D. *Totalidade e a ordem implicada*. São Paulo: Madras, 2008.

BOHR, N. *Física atômica e conhecimento humano*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

_____. The quantum postulate and the recent development of atomic theory. *Nature* 121. p. 580-590, 1928.

CARNAP, R. *Logical foundations of probability*. Chicago: The University of Chicago Press: 1962.

_____. O que é probabilidade?. In: MESSICK, D (org). *O pensamento matemático nas ciências do comportamento*. São Paulo: edusp, 1973. p. 19-31.

CHALMERS, A. F. *A fabricação da ciência*. São Paulo: UNESP, 1994.

_____. *O que é ciência afinal?*. São Paulo: Brasiliense, 2011.

CHAVES, A. Descrição matemática da natureza. In: DOMINGUES, I. (org.). *Conhecimento e transdisciplinaridade II*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. p. 169-226.

DANTAS, C. *Probabilidade: um curso introdutório*. 2. e.d. São Paulo: Edusp, 2004.

EINSTEIN, A; INFELD, L. *A evolução da física*. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

FEYMAN, R. P. *Sobre as leis da física*. 1. e.d. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

FEYERABEND, P. *Adeus à razão*. São Paulo: UNESP, 2003.

FREIRE Jr. O. *David Bohm e a controvérsia dos quanta*. Campinas: CLE, 1999.

GILLIES, D. A contribuição de Popper à filosofia da probabilidade. In: O'HEAR, A. (org.). *Karl Popper: Filosofia e Problemas*. São Paulo: UNESP, 1997. p. 125-145.

_____. *Philosophical theories of probability*. 1. e.d. London: Routledge, 2000.

HACKING, I. *The emergence of probability: a philosophical study of early ideas about probability, induction and statistical inference*. 2. e.d. New York: Cambridge University Press, 2006.

HEISENBERG, W. A descoberta do Planck e os problemas filosóficos da física atômica. In: BORN, M; et al. *Problemas da física moderna*. 3. e.d. São Paulo: Perspectiva, 2011. p. 9-27.

_____. *A parte e o todo*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2011.

HOWSON, P; URBACH, P. *Scientific reasoning The Bayesian Approach*. 3. ed. Chicago: Open Court, 2006.

HUME, D. *Investigação Acerca do Entendimento Humano*. São Paulo: Nova Cultural, 1999.

JAMMER, M. *Conceitos de força*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2011.

KEYNES, J. M. *Treatise on Probability*. London: Macmillan and Co, 1921.

LANDÉ, A. Probability in classical and quantum theory. In: BARUT, A. O; MERWE, A. V (org.). *Selected Scientific Papers of Alfred Landé*. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1988. p. 397-402.

LAPLACE, P. S. *Philosophical Essay on Probabilities*. New York: Springer, 1995.

MEYER, P. L. *Probabilidade: aplicações à estatística*. Rio de Janeiro: Ao livro técnico S.A., 1973.

MILLER, D. Propensões e indeterminismo. In: O'HEAR, A. (org.). *Karl Popper: Filosofia e Problemas*. São Paulo: UNESP, 1997. p. 147-176.

MISES, R. V. *Probability, Statistics and Truth*. 2. ed. New York: Dover Publications, 1981.

MONTEIRO, J. P. *Hume e a Epistemologia*. São Paulo: UNESP, 2009.

MORTARI, C. A. *Introdução à lógica*. São Paulo: UNESP, 2001.

PESSOA Jr. O. *Conceitos de física quântica*. 1. e.d. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

POPPER, K. R. *A Lógica da pesquisa científica*. 16. e.d. São Paulo: Cultrix, 2012.

_____. *A teoria dos quanta e o cisma na física*. 1. e.d. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1989.

_____. *Autobiografia intelectual*. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1986.

_____. *Conhecimento objetivo*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1999.

_____. *Conjecturas e refutações: o progresso do conhecimento científico*. 5. e.d. São Paulo: Editora UNB, 2008.

_____. Epistemologia evolutiva. In: MILLER, D. (org.). *Karl Popper: textos escolhidos*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010. p. 77-85.

_____. O problema da indução. In: MILLER, D. (org.). *Karl Popper: textos escolhidos*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010. p. 101-115.

_____. *O realismo e o objetivo da ciência*. 1. e.d. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1987.

_____. *O universo aberto: argumentos a favor do indeterminismo*. 1. e.d. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1988.

_____. Os primórdios do racionalismo. In: MILLER, D. (org.). *Karl Popper: textos escolhidos*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010. p. 25-31.

_____. Propensões, probabilidade e teoria quântica. In: MILLER, D. (org.). *Karl Popper: textos escolhidos*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010. p. 197-203.

_____. *Um mundo de propensões*. Lisboa: Editorial Fragmentos, 1991.

ROSENBERG, A. *Introdução à filosofia da ciência*. São Paulo: Edições Loyola, 2009.

VAN FRAASSEN, B. C. *A imagem científica*. São Paulo: UNESP, 2006.

WITTGENSTEIN, L. *Observações Filosóficas*. São Paulo: Edições Loyola, 2005.