

Luiz Carlos Severo

ESTABILIDADE DA CIÊNCIA BIOLÓGICA

Uma epistemologia evolucionista, sem refutações e revoluções.

Dissertação apresentada à Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas Programa de Pós-Graduação em Filosofia, para obtenção do Título de Mestre em Filosofia.

Orientador: Prof^o Dr. Eduardo Luft

Porto Alegre

2003

*Caminante, son tus huellas el camino,
y nada más; caminante, no hay camino,
se hace camino al andar.*

Antonio Machado

(Trad. livre: Caminhante, tuas pegadas são o
caminho e nada mais; caminhante, não há
caminho, o caminho se faz ao andar.)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1. Filosofia da ciência	7
1.2. Popper reconhecido pelos cientistas	10
2. OBJETIVOS	11
3. INDUTIVISMO <i>VERSUS</i> MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUTIVO	13
3.1. Revolução científica	13
3.2. Para uma nova ciência da natureza	14
3.3. As fontes dos erros humanos	15
3.4. Método indutivo	17
3.5. Crítica ao indutivismo de Bacon	18
3.6. Popper e o problema da indução	21
3.7. Popper e o problema da demarcação	23
3.8. Método hipotético-dedutivo	24
4. APROXIMAÇÃO À VERDADE	27
4.1. A teoria da verdade em Popper	30
5. FALSIFICACIONISMO E REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS	34
5.1. A física como modelo de cientificidade	34
5.2. Conjeturas e refutações	36
5.3. Conhecimento objetivo	37
5.4. Solução de problemas	38
5.5. Verificacionismo versus falsificacionismo	39
5.6. Lakatos tenta melhorar o falsificacionismo	42
5.7. Teorias celular e dos genes refutando as revoluções científicas	45
6. CONTEXTO DE DESCOBERTA E DE JUSTIFICAÇÃO	48
6.1. Contexto de descoberta	49
6.2. Contexto de justificação	50
7. TEORIA E EXPERIMENTO	52
7.1. Fleming e suas descobertas	59
7.2. Publicação em estilo indutivo	62
8. OBJEÇÕES AO RACIONALISMO CRÍTICO	64
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
10. ANEXOS	71
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

Resumo

Formular hipóteses a partir da observação e testá-las através da experimentação caracteriza o método baconiano; a formulação inicial explicitamente era fruto de um *insight* intuitivo, que Francis Bacon denominou *indução*. A objetividade está no início do processo do conhecimento, basta o cientista deixar os fatos falarem por si enquanto lê o livro aberto da natureza.

Uma forma mais sofisticada de indutivismo faz distinção entre contexto da descoberta e contexto da justificação para separar a questão de como as teorias científicas são desenvolvidas da questão de como testá-las contra suas rivais. Karl Popper, discordando desta atitude, vai atribuir o primeiro ao acaso e para o segundo assumirá uma epistemologia evolucionista.

Popper, não acreditando na possibilidade da existência de um critério de verdade, propõe um critério de falsificabilidade. O conhecimento não se daria por generalizações a partir da experiência, mas pela elaboração de conjecturas de alto conteúdo empírico que seriam submetidas à lógica dedutiva (baseado no *modus tolles*) e experimentação. Popper, por influência humeana, nega qualquer papel da indução na aquisição do conhecimento, que não partiria de percepções, de observações nem do acúmulo de dados ou fatos, mas sim de problemas. Na ausência de critério conclusivo de verdade empírica, só nos resta aprender com nossos erros. O progresso do conhecimento adviria da refutação de uma hipótese e da procura de outra com maior conteúdo explicativo e que pudesse evitar ao menos algumas das falhas da hipótese anterior. Este seria o critério de progresso científico.

O problema do falsificacionismo de Popper é que o cientista não persegue teorias para provar que são falsas, mas teorias que procura demonstrar verdadeiras. Popper nos diz qual seria o ideal da ciência, mas não de como ela é praticada.

Tomados isoladamente, tanto o indutivismo como o método hipotético-dedutivo são simplistas e ingênuos. O primeiro é cego, não direciona a experimentação pela hipótese teórica.

O segundo tem direcionamento teórico, mas não dá conta da geração da hipótese. Como ambos estão do mesmo lado na descrição da relação do experimento e da teoria, isto torna frutífera a interação destas duas vias. É tematizada a teoria dos germes e a descoberta da penicilina como exemplo desta abordagem em biologia.

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos cientistas não pensa filosoficamente.

“Hoje, é imprudente, por parte de um homem de ciência, empregar a palavra “filosofia”, ainda que seja “natural”, no título (ou mesmo no subtítulo) de uma obra. Certamente ela será acolhida com desconfiança pelos homens de ciência e, na melhor das hipóteses, com condescendência pelos filósofos” (Monod, 1972, p. 11).

Os cientistas estão conformados com saberes irremediavelmente particulares, estão contentes com seus progressos e com o grau crescente de domínio da natureza (Gadamer, 2002, p. 24). Mas, como foi salientado por Monod, não devemos ter “receio de levar aos seus limites as conclusões que a ciência autoriza, a fim de revelar sua plena significação” (Monod, 1972, p. 11).

Contudo, não devemos buscar na filosofia o embelezamento do objetivismo e da formalização da ciência. Como alertou Stein (2002, p. 31): “filosofia não é ornamento”.

O significado da ciência na sociedade contemporânea¹, como pretensão de atingir a verdade, nos obriga a analisar criticamente nossas atividades de pesquisas. Esta atitude é imperiosa em biotecnologia, particularmente em engenharia genética, com seu potencial de manipular o organismo humano, com consequências para a igualdade entre os homens.

Ainda que tenhamos consciência da advertência kantiana de que não se aprende filosofia, mas a filosofar², devemos fazer a tentativa de buscar na filosofia a luz que descortine nosso horizonte. Este distanciamento é necessário para ver além da matematização da natureza³.

¹ Heidegger, comentando a realidade do homem de hoje, diz que a ciência ocidental “desenvolveu um poder que não se pode encontrar em nenhum outro lugar da terra e que está em vias de estender-se por todo o globo terrestre” (Heidegger, 2002, p. 39).

² Kant, I. **Crítica da razão pura**. São Paulo: Abril Cultural, B 865.

³ A matematização da natureza teve início na Grécia e se estabelece totalmente quando aparece a ciência moderna (Galileu - *O livro da natureza está escrito em caracteres matemáticos*). A matemática deixa de ser tão somente a técnica de contar e medir, para tornar-se uma forma de analisar os fenômenos naturais quantificados, o que transforma radicalmente a vida humana, trazendo problemas filosóficos que desafiam doutrinas idealistas e realistas.

A crítica do conhecimento objetivo tornará o saber científico um conhecimento aberto e plural, em contínua metamorfose.

1.1. Filosofia da ciência

A tarefa da filosofia da ciência é
investigar os problemas filosóficos
levantados pela ciência.
Susan Haack

No início, a prova matemática era o modelo da ciência. As conclusões deveriam ser demonstradas e tornadas absolutamente certas. Qualquer coisa menos que a certeza completa era defeituosa. A ciência era, por definição, infalível.

O século 17 e o método experimental de raciocínio tornaram isto parecer uma meta impossível. O indutivismo baconiano nos dirá: se nós não podemos ter conhecimento seguro deixa-nos ao menos ter conhecimento provável baseado em fundamentos seguros. Observações corretamente feitas serviriam de base. Nós generalizaríamos a partir de experimentos sólidos, estabelecendo analogias, e edificando conclusões científicas. Quanto maior a quantidade e variedade das observações, maior sua probabilidade. Não podemos mais ter certeza, mas nós temos uma probabilidade correta.

Aqui temos dois estágios na metodologia: prova e probabilidade. Hume, conhecendo a falha da primeira, já lança dúvida sobre a segunda, em 1739. Em hipótese alguma um fato particular fornece “boa razão” para uma afirmação mais geral ou tece afirmações futuras. Popper concorda e substitui o indutivismo pelo método hipotético-dedutivo.

Babich (1994, p. 1) diagnostica, na filosofia da ciência, uma crise de auto-identificação como filosofia, que vive em transição “... between "old," positivistic, logical-linguistic, analytic styles and "new," historical, hermeneutic styles.” (Trad. livre: ... entre “arcaico”, estilos positivista, lógico-linguístico, analítico e “novo”, estilos histórico, hermenêutico.):

“Conceived as it is within the analytic tradition, what the philosophy of science lacks is an *authentic identity* as philosophy. The resolution of this issue falls squarely upon the divide between continental and analytic articulations of philosophy. Because a continental, expressly historical, and hermeneutic approach incorporates philosophic reflection on the nature and doing of science, such an approach offers a corrective articulation of an authentic or genuine philosophy of science” (*Ibid.*, p. 1-2, itálicos da autora).

(Trad. livre: Concebido conforme a tradição analítica, o que carece na filosofia da ciência é uma identidade autêntica como filosofia. A resolução desta questão cai exatamente sobre a divisão entre articulações continentais e analíticas da filosofia. Já que a abordagem continental, expressamente histórica e hermenêutica incorpora uma reflexão filosófica sobre a natureza e o fazer da ciência, tal abordagem oferece uma articulação corretiva de uma filosofia da ciência autêntica ou genuína.)

A tendência histórico-hermenêutica interpretaria sinais e símbolos da história científica nos textos de cada autor, dentro do contexto de sua época, de maneira especial tematizando a natureza da prática científica. Isto é, a questão histórica do experimento em relação à teoria (*Ibid.*). A filosofia da ciência deveria atuar como uma metaciência (Fig. 1), na tentativa de tematizar os problemas levantados pela atividade de pesquisa. A abordagem filosófica proporcionaria distanciamento crítico e postura ética para o metadiálogo, com autonomia do mundo da experiência empírica, viabilizando a atitude reflexiva.

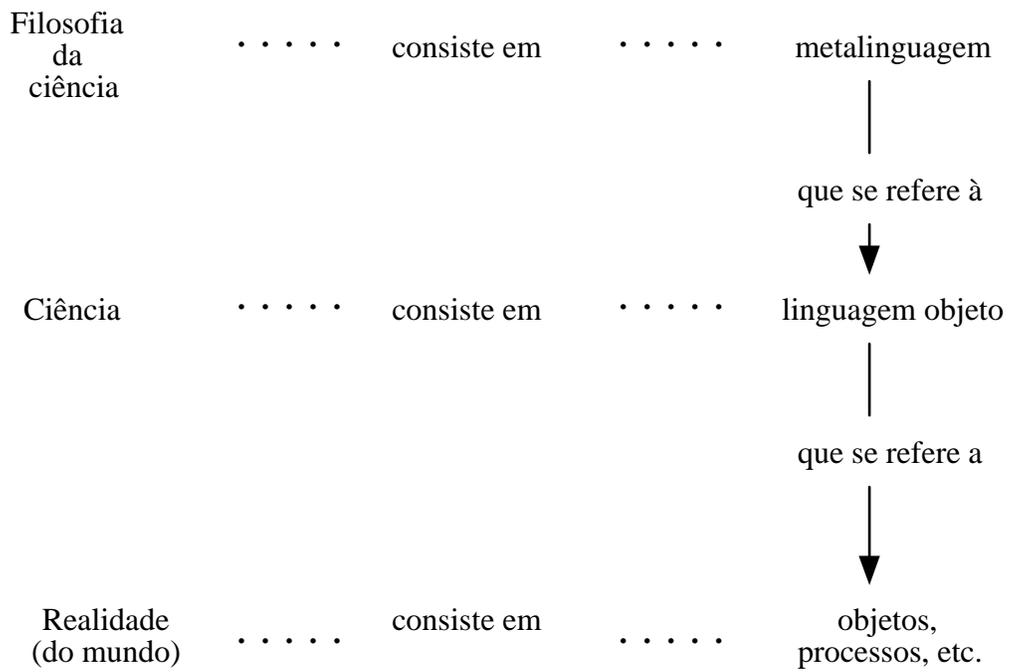


Figura 1: Filosofia da ciência como metalinguagem.

1.2. Popper reconhecido pelos cientistas

Karl R. Popper (1902-1994), na área biológica, tem sido reconhecido por cientistas influentes, pelo menos três com Prêmio Nobel de Medicina ou Fisiologia: Peter Medawar (1960), John Eccles (1963), Jacques Monod (1965). Vale lembrar o reconhecimento público da professora canadense Carol Buck (1975), elogiando a filosofia de Popper aplicada ao estudo da epidemiologia:

"Had I encountered Popper's writings earlier, I would have done many things differently".

(Trad. livre: Tivesse eu encontrado os escritos de Popper mais cedo, eu teria feito muitas coisas diferentemente.)

Esta popularidade de Popper, entre os cientistas, pode ser atribuída à melhora na imagem da pesquisa⁴ e de sua história ... *science is seen as a fascinating intellectual adventure story* ... (Wachtershauser, 1995) (Trad. livre: ...a ciência é vista como uma aventura intelectual fascinante...), transformando o pesquisador num gigante.

A proposição de Popper é a de que a tarefa dos cientistas é tentar refutar hipóteses através da lógica dedutiva, observações e experimentações: segundo o preceito popperiano estas deveriam ser planejadas com base na hipótese nula, numa tentativa deliberada de refutar a hipótese que está sendo testada (Beveridge, 1981, p. 63).

⁴ A substituição da precaução original pela especulação audaz ocorrida com Medawar e Eccles foi tematizada por Lakatos (1979, p. 225, n 341) "...para os cientistas brilhantes cujo talento especulativo se viu frustrado sob a tirania de uma lógica indutivista da descoberta, o falsificacionismo, até em sua forma dogmática, estava destinado a ter um tremendo efeito liberatório"

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é contrapor indutivismo e método hipotético-dedutivo em biologia. Seguindo Quine, que endossa a metáfora de Neurath do conserto do barco que navega:

“Neurath comparou a ciência a um barco que, se fôssemos reconstruir, deveríamos fazê-lo tábuas por tábuas, permanecendo dentro dele enquanto flutua. O filósofo e o cientista estão no mesmo barco...” (Quine apud. Dennett, 1998, p. 15).

Será tomada a posição de um marinheiro à deriva no barco de Neurath para tematizar o falsificacionismo (Popper e Lakatos) e o esquema de paradigmas (Kuhn) e mostrar a inadequação destas teorias, retiradas da física, para os fenômenos biológicos. Enfatizar o teste e a falsificação de conjecturas mais do que sua verificação ou confirmação leva a pensar numa ciência agradavelmente objetiva e honesta. Mas não é o que ocorre. Os cientistas não estão construindo teorias para a natureza jogar no lixo (ciência descartável).

Do ponto de vista filosófico, o primeiro passo da epistemologia popperiana⁵ é a demarcação do que é ciência e o que não é, o que depende do “problema do fundamento empírico”, que não foi solucionado por Popper. Haack (1993, p. 134-163) sustenta que Popper não tem e não poderia ter uma solução verossímil para este problema com uma epistemologia conhecedor.

Quanto às revoluções científicas kuhnianas, será mostrado que a biologia admite mais uma epistemologia darwiniana de seleção natural do que mudanças de paradigmas.

⁵ A epistemologia popperiana tem dois problemas fundamentais: o problema da indução (problema humeano) e o problema da demarcação (pergunta kantiana pelos limites do conhecimento científico). Mas, Popper salienta que o problema mais importante é o da demarcação.

Para atingir a nossa meta será utilizado como exemplo a descoberta da penicilina, por Alexander Fleming (1881-1955), em 1929, considerada uma das dez maiores descobertas da medicina (Friedman & Friedland, 2000).

Será mostrado que Fleming, quando fez sua descoberta, estava dominado pela teoria dos germes que já havia herdado em plena atividade. Como diria Quine de Fleming:

“Tentativamente, acredita, no todo da teoria, mas acredita também que algumas porções não identificadas estão erradas. Ele tenta melhorar, classificar e compreender o sistema a partir de dentro. Ele é um marinheiro ocupado à deriva no barco de Neurath” (Quine, 1995, p. 17).

A justificativa é múltipla⁶: meu trabalho como microbiologista e a descoberta ter sido tematizada por Popper em seu livro *Realism and the aim of science (R.A.Sc.)*, p. 48-50) e também por um de seus admiradores sir Peter Medawar, eminente biólogo, vencedor do Prêmio Nobel. A da descoberta da penicilina será tratada como um empreendimento humano⁷ que durou gerações, na tentativa de entender o mundo microbiano e na esperança de seu controle. Será tomado de empréstimo da filosofia de Robert Brandon a atitude de considerar tanto o indutivismo como o método hipotético-dedutivo como simplistas para explicar esta descoberta. Será proposto uma via de união entre teoria e experiência como a maneira mais adequada para cumprir a meta.

Adicionalmente, será refutada a teoria das revoluções científicas de Tomas Kuhn, como modelo para a biologia. Para tanto serão consideradas as teorias celular e dos genes, mostrando que o paradigma resistiu a todas as revoluções, inclusive a da descoberta do DNA.

Inicialmente a filosofia da ciência teve uma análise simplista resumida ao indutivismo baconiano, permanecendo por um século e meio até ser substituída pelo método hipotético-dedutivo (Brandon, 1996, p. 147-160). A argumentação obedecerá esta ordem histórica.

⁶ “... epistemology without historical and comparative investigations is no more than an empty play on words or an epistemology of the imagination” (Fleck, 1979, p. 21). (Trad. livre: epistemologia sem investigações históricas e comparativas não é mais do que um jogo de palavras ou mera epistemologia da imaginação).

⁷ Parafrazeando Smolin (2002, p. 21) escolhi uma história muito humana para ilustrar a maneira como a ciência biológica realmente é feita.

3. INDUTIVISMO *VERSUS* MÉTODO HIPOTÉTICO DEDUTIVO

3.1. Revolução científica

No período 1500-1600 houve uma revolução, que tudo abalou e tudo destruiu, minando a unidade política, religiosa, espiritual da Europa; terminou com a certeza da ciência e da fé; questionou a autoridade da Bíblia e refutou Aristóteles; implodiu o prestígio da Igreja e do Estado. A Terra ficou a deriva. Tudo é possível e tudo é incerteza. O homem ficou abandonado (Koyre, 1992, p. 19).

A descoberta da bússola permitiu que o navegador se aventurasse por diferentes rotas marítimas. A chegada de Colombo à América mostrou que os antigos não sabiam tudo e que para descobrir bastava observar (Galileu - telescópio). Copérnico pára o sol e faz a terra girar. Kepler descobre que a órbita é em forma de elipse. Esta revolução teve impacto na filosofia⁸, no que diz respeito ao modo como o homem via a si mesmo e o mundo em que vivia (Rossi, 1996, p. 24).

Mudou a forma de encarar a natureza, que agora é vista por Bacon e Hobbes como matéria em movimento (Galileu). Com Hobbes inicia-se a filosofia do materialismo mecânico⁹.

A nova ciência da natureza afeta todos os campos da ciência e mudam as técnicas de investigação científica e os objetivos que o cientista estabelecia para si mesmo.

⁸ "... os homens não podem continuar confiando o seu destino a cinco ou seis cérebros e renunciar à exploração do mundo intelectual" (Rossi, 1996, p. 24).

⁹ Para a "filosofia mecânica", a natureza é um sistema de matéria em movimento governado por leis que têm determinação matemática, que explicariam o universo num modelo geométrico (Rossi, 2001, p. 244).

3.2. Para uma nova ciência da natureza

Ars homo additus Naturae.
Natura non imperatur nisi parendo.
A arte é o homem acrescentado à Natureza.
Não se domina a Natureza senão obedecendo-lhe.
Bacon

O objetivo de Francis Bacon (1561-1626) é formular uma lógica da indução, contrastando com a lógica da dedução aristotélica. Sua obra principal *Novum Organum*, contrastando com o *Organon* de Aristóteles, seria o novo instrumento.

A crítica básica contra Aristóteles tinha dois alvos principais: sua crença numa natureza dotada de propósitos teleológicos e de essências arquetípicas; e a forte dependência da dedução. A razão tece em torno de si uma teia de abstrações sem nenhuma validade objetiva. É famosa a metáfora de Bacon sobre as atividades da formiga, aranha e abelha, quando separa as pessoas que lidam com história natural em empíricos e racionalistas¹⁰:

"Those who have handled sciences have been either men of experiment or men of dogmas. The men of experiment are like the ant; they only collect and use; the reasoners resemble spiders, who make cobwebs out of their own substance. But bee takes a middle course; it gathers its material from the flowers of the garden and of the field, but transforms and digest it by a power of its own" (*Nov. Org.*, XCV, JMR, vol. 1, p. 288).

(Trad. livre: Aqueles que se dedicaram às ciências foram empíricos ou dogmáticos. Os empíricos, como as formigas, somente coletam e usam; os racionalistas, como as aranhas, extraem de si mesmo o que lhes serve para a teia. A abelha representa a posição intermediária; recolhe a matéria-prima das flores do jardim e do campo, mas a transforma e digere com seus próprios recursos.)

¹⁰ Os trabalhos filosóficos de Bacon foram consultados na obra **The philosophical works of Francis Bacon**, em três volumes, editada por John M. Robertson e publicada pela George Routledge and Sons Limited, Londres, 1905, que corresponde aos principais trabalhos de Bacon, retirados da obra magistral de Ellis e Spedding (7 vols., 1857). Abreviatura: *Nov. Org.* (*Novum Organum*). Damos, em seguida da localização na obra de Bacon, o volume e a paginação da edição estabelecida por John M. Robertson (abreviação: JMR).

Para Bacon, a filosofia deveria estar baseada na realidade da época: os fatos, as novas situações históricas, é que deveriam sugerir objetivos e caminhos para a especulação.

3.3. As fontes dos erros humanos

A teoria dos *ídola* de Bacon, sugerindo que pudessemos atuar radicalmente contra o efeito de inércia eliminando todos os nossos preconceitos¹¹ é utópica e menospreza o possível significado positivo das pressuposições existentes para o processo do conhecimento humano. Não se procura eliminar os preconceitos nem tampouco se tenta criar fundamento para eles – mas, na medida do possível, devemos torná-los verificáveis, revisando-os com base nas suas consequências, desta maneira, tornando tais preconceitos úteis para a evolução do conhecimento. O que importa, portanto, é considerá-los não como *dogmas*, mas como *hipóteses*. Quando se quer chegar à verdade, não é necessário o recurso a *fundamentos últimos*¹² e seguros, mas a busca de instâncias relevantes que sejam incompatíveis, ou seja, *a busca de contradições* (Albert, 1976, p. 58-63).

¹¹ Para Bacon os preconceitos que bloqueiam a mente humana, para ler o livro da natureza adequadamente, eram de quatro gêneros (*Nov. Org.*):

Ídolos da tribo (Aphorism XLI). Interpretação antropomórfica da natureza: “For it is a false assertion that the sense of man is the measure of things.” (É falsa a asserção de que os sentidos do homem são a medida de todas as coisas.)

Ídolos da caverna (Aphorism XLII). Relacionam-se às características específicas da pessoa que investiga. Os erros resultam do caráter e da educação recebida, das convicções e hábitos individuais, que formarão nossa caverna e que acabará distorcendo a luz da natureza: “For every one (besides the erros common to human nature in general) has a cave or den of his own, which refracts and discolours the light of nature...” (Cada um, além dos erros próprios da natureza humana em geral, tem uma caverna ou uma cova própria que intercepta e corrompe a luz da natureza...)

Ídolos da praça pública (Aphorism XLIII). Erros provenientes do próprio uso da linguagem, pois o significado das palavras é frequentemente impreciso: “... words plainly force and overrule the understanding, ..., and lead men away into numberless empty controversies and idle fancies.” (... as palavras forçam o intelecto (...) levando os homens a inúmeras e inúteis fantasias.)

Ídolos do teatro (Aphorism XLIV). Representam o domínio que as doutrinas aceitas têm sobre o pensamento humano. A autoridade se acata criticamente: “... many principles and axioms in science, which by tradition, credulity, and negligence have come to be received.” (... recebemos numerosos princípios e axiomas da ciência em vigor, devido à tradição, à credulidade e à negligência.)

¹² “As ciências, que trabalham com o método dedutivo, são estruturalmente incapazes de chegar a uma fundamentação última, uma vez que o conhecimento por derivação desemboca num regresso ao infinito. Seu conhecimento, sendo axiomático, deixa em aberto o problema de sua fundamentação última”. Cf. a respeito: M. A. Oliveira, *Sobre a fundamentação*, Porto Alegre, 1997, p. 89.

Os grandes méritos de Bacon foram o questionamento contínuo e sua insistência em dizer que o nosso conhecimento é incompleto, contrastando com a crença medieval de que era completo.

O empreendimento científico era para Bacon como uma extensão do processo de eliminação dos erros mais do que confirmação de verdades. A indução correta deveria orientar-se por rejeições, uma vez que instâncias favoráveis não poderiam validar generalizações. Oliva (1997, p. 220n) salienta que “... o papel central que Popper vai atribuir à evidência desfavorável já está devidamente ressaltado no *Novum Organum*”. Neste sentido, Urbach (1982), numa judiciosa seleção dos escritos de Bacon¹³, mostra que ele foi precursor de Popper, os princípios do *falsificacionismo* estão implícitos na filosofia baconiana da indução por eliminação:

¹³ “Perhaps Francis Bacon was right: it is impossible to eradicate all the idols from men’s minds. Among the idols we have so far been unable to eradicate are undoubtedly the following: the propensity not to read the original (particularly Latin) texts; the tendency to reduce the philosophies of the past to some seemingly brilliant slogans; the construction on the basis of these of mythical philosophical portraits” (Rossi, 1996, p. 45) (Talvez Francis Bacon estivesse certo: é impossível erradicar todos os ídolos das mentes humanas. Entre os ídolos que nós somos incapazes de erradicar estão indubitavelmente os seguintes: a propensão de não ler os textos originais (particularmente em latim); a tendência de reduzir as filosofias do passado a alguns lemas brilhantes; a construção de descrições filosófico-mitológicas embasadas nisso.)

“... each of the main Baconian doctrines concerning the anticipation and interpretation of nature, speculation in science, the aim of science, the idols, the amassing of histories, as well as Bacon’s appraisal of contemporary and ancient science are *unified* by principles remarkably similar to those of Popperian falsificationism” (*Ibid.*, itálico do autor).

(Trad. livre: ... cada uma das principais doutrinas baconianas relacionadas à antecipação e interpretação da natureza, especulação da ciência, objetivo da ciência, os *ídola*, o acúmulo de histórias, assim como a apreciação de Bacon sobre a ciência contemporânea e antiga são unificadas por princípios muito similares àqueles do falsificacionismo de Popper.)

Neste artigo, Peter Urbach, para mostrar a proximidade das duas doutrinas filosóficas, faz uma série de justaposições entre a teoria dos *ídola* (*Nov. Org.*) com comentários de Popper retirados de *Conjeturas e refutações* (*C&R*). Bacon está muito mais próximo do falsificacionismo do que Popper gostaria de admitir. Mas, Popper prefere ver Bacon como um indutivista/verificacionista que procura extrair verdades da enumeração dos fatos.

3.4. Método indutivo

C. D. Broad called induction the glory of science and the scandal of philosophy.
(C. D. Broad denominou a indução de glória da ciência e o escândalo da filosofia.)

Em termos gerais, o indutivismo poderia ser resumido a suas principais características (Wachtershauser, 1995, p. 177-189): a ciência luta por conhecimento justificado, provado, por verdade certa; a investigação científica inicia-se com observações ou experimentos; os dados obtidos são organizados numa hipótese, que não está provada (contexto da descoberta); os experimentos são repetidos; quanto maior o número de repetições bem-sucedidas, maior a probabilidade da verdade da hipótese (contexto de justificação); voltamos para o experimento seguinte e procedemos da mesma maneira; com estas hipóteses construiremos o edifício da ciência justificada e certa.

Existe mais de um tipo de indutivismo. É importante salientar qual era o de Francis Bacon.

Popper fazia questão de desacreditar Bacon como um indutivista ingênuo, que acreditava na indução por simples enumeração. Mas, o que Bacon apregoava era o método da eliminação¹⁴, que é útil e racional utilizá-lo (Da Costa, 1999, p. 173). Popper negligencia o fato de que Bacon antecipou o que mais tarde seria o seu hipotético dedutivismo.

Para alguns filósofos, os que mais se destacaram foram Hans Reichenbach (1891-1953) e Rudolf Carnap (1891-1970), a solução para os problemas do indutivismo estava na lógica probabilística, mas não esgota todas as inferências não demonstrativas (Da Costa, 1999, p. 175).

Teorias da confirmação têm procurado resolver o problema do indutivismo alcançar a certeza. O bayesianismo, a teoria mais popular atualmente, o faz através do desenvolvimento de sofisticadas teorias matemáticas da probabilidade, aumentando o uso da estatística na ciência. Segundo os bayesianos nossas crenças obtêm-se em graus:

“A explicação bayesiana de como reconsiderar graus de crença parece fazer sentido. Além disso, ela promete uma solução para o problema da indução, uma vez que leva a concluir que exemplos positivos nos fornecem razões para crer em generalizações científicas” (Papineau, 2002, p. 297).

¹⁴“... a indução baconiana tem um inegável caráter eliminatório. A indução correta seria *por rejectiones et exclusiones*, através da consecutiva eliminação das possibilidades teóricas e operativas concorrentes” (Oliveira, 2002, p. 182).

3.5. Crítica ao indutivismo de Bacon

Nos séculos 19 e 20 foi um passatempo criticar Francis Bacon pelo indutivismo, uma posição sabidamente ingênua. Para dar um exemplo, retirado de Robert Brandon (1996, p. 147-160), Charles Darwin, que se vangloriava de seguir “o método baconiano”, privadamente ridicularizava o indutivismo.

"While Bacon's reputation as a philosopher of science stood very high in the seventeenth and eighteenth centuries, and was still considerable during the Victorian era, it has declined greatly since then" (Zagorin, 1998, p. 90).

(Trad. livre: Enquanto a reputação de Bacon como filósofo da ciência esteve muito alta nos séculos 17 e 18, e foi ainda considerável na era vitoriana, ela declinou grandemente desde então.)

Para Zagorin (1998, p. 90), as avaliações bastante negativas de filósofos (Bertrand Russel) e cientistas (Peter Medawar) do século 20 não passam de mal-entendidos, julgando os preceitos metodológicos baconianos a luz de suas teorias da ciência.

"These adverse judgments rest in some cases on nothing more than a superficial acquaintance with Bacon's work. (...) it is simply not true ... that he was ignorant of the need for theories and hypotheses in scientific research" (*Ibid.*, p. 91).

(Trad. livre: Estes julgamentos adversos se apoiam algumas vezes em nada mais do que no conhecimento superficial a respeito do trabalho de Bacon. (...) Isto simplesmente não é verdadeiro...que ele ignorava a necessidade de teorias e hipóteses na pesquisa científica.)

A maior fonte de equívocos sobre o método científico tem sido as exposições de alguns escritores, que o distorcem ao tratarem de apenas uma parte dele, ou seja, a indução, como se a ela se limitasse todo o processo; depois, eles mostram as deficiências dessa parte como se fosse uma explicação sobre como a ciência avança.

"... Popper was mistaken in supposing that the doctrine underlying the Baconian theory of induction was the primacy of the repetition of positive instances as the justification

for the acceptance of a theory or universal law; for Bacon always rejected simple enumeration or repetition of instances as the basis of induction, insisting instead upon elimination and other refinements as prerequisites of an inductive conclusion" (Zagorin (1998, p. 92).

(Trad. livre: ... Popper estava errado em supor que a doutrina subjacente a teoria Baconiana fosse a primazia da repetição de instâncias positivas, assim como a justificativa para a aceitação da teoria da lei universal; já que Bacon sempre rejeitou a enumeração ou repetição simples de instâncias como base da indução, insistindo ao invés sobre a eliminação e outros refinamentos como pré-requisitos de uma conclusão indutiva.)

A crítica de Popper, rotulando Bacon de indutivista não histórico, não tem sentido:

"None of Bacon's predecessors or philosophical contemporaries conceived of induction as a research procedure and method of discovery that could add to the knowledge of nature" (*Ibid.*).

(Trad. livre: Nenhum dos precursores ou contemporâneos filosóficos de Bacon concebeu a indução como procedimento de pesquisa e método de descoberta que pudesse acrescentar ao conhecimento da natureza.)

Isto ocorre especialmente quando Popper advoga o aspecto social do método científico como fonte da objetividade do conhecimento (inter-sujeitividade), ao dizer *que a ciência e a objetividade científica não resultam (nem podem resultar) dos esforços de um homem de ciência individual por ser "objetivo", mas da cooperação de muitos homens de ciência* (SAI, p. 225).

E sabendo que Bacon trabalhou isoladamente, ao estilo de Robison Crusoe¹⁵:

"In the sixteenth century, and before science had become institutionalized, there was not available to him any community of practicing scientists, any living, continuous tradition of successful scientific activity, nor any exemplary body of scientific research from which he might have drawn guidance for his reflections" (Zagorin, 1998, p. 91).

(Trad. livre: No século 16, e antes da ciência se tornar institucionalizada não havia disponibilidade de uma comunidade científica, nenhuma tradição de atividade científica bem sucedida, nem qualquer corpo de pesquisadores científicos que orientasse suas reflexões.)

¹⁵ Como salientou Popper, comentando Robinson Crusóe, a importância da publicidade no método científico: "... não havia ninguém, além dele próprio, para confrontar seus resultados; ninguém para corrigir-lhe aqueles preconceitos que são a consequência inevitável de sua peculiar história mental; ninguém para auxiliá-lo a libertar-se daquela estranha cegueira referente às possibilidades inerentes de nossos próprios resultados que é uma consequência do fato de muitos deles serem alcançados através de aproximações relativamente despropositadas" (SAI, vol. 2, p. 227).

"He was therefore forced to work out for himself, in connection with his critical empiricism, how the logic of induction could be reformed so as to serve as an instrument of progress in the natural sciences" (*Ibid.*, p. 92).

(Trad. livre: Ele foi então forçado a trabalhar por si só, em conexão com seu empiricismo crítico, em como a lógica da indução poderia ser reformada para servir como instrumento de progresso nas ciências naturais.)

E o próprio Popper salientou que para a ciência robinsoniana faltava um elemento do método científico - a imparcialidade – que não existe no cientista individual, mas que é fruto da ciência socialmente ou institucionalmente organizada (*SAI*, p. 277).

Bacon não tinha motivo para duvidar da validade da indução para estabelecer generalizações empíricas:

"He was not cognizant of the celebrated 'problem of induction' that stemmed from the philosopher David Hume's skepticism about causation" (Zagorin, 1998, 92).

(Trad. livre: Ele não era conhecedor do célebre 'problema da indução' no ceticismo do filósofo David Hume sobre a causalidade.)

3.6. Popper e o problema da indução

Popper subscrevendo a insistência humeana¹⁶ responde ao problema da indução por repetição: "... a idéia de indução por repetição deve ser produto de um erro – uma espécie de ilusão ótica. Em suma: "... *isto de indução por repetição não existe*" (*CO*, p. 18, itálicos de Popper). Popper argumentava que a idéia da mente como *tabula rasa* é mito e que não existe

¹⁶Segundo Hume, não temos nenhuma experiência propriamente dita da causalidade. A conexão causal não pode ser observada. Nossa experiência somente nos diz da anterioridade da causa, contiguidade no tempo e no espaço e conjunção constante da causa e do efeito. Não observamos uma terceira coisa, ligando os dois. Nenhum processo lógico permite dizer com certeza que de uma causa determinada sempre decorrerá um efeito. As relações entre fenômenos de continuidade e regularidade projetam no real, sem evidência empírica. "... nossa razão nos falha na descoberta da *conexão última* entre causas e efeitos ..." (Hume, 2001, Livro I, Parte III, Seção VI, p. 120; grifos de Hume).

nenhuma garantia lógica capaz de assegurar a inferência dos enunciados universais a partir de enunciados particulares.

Segundo Popper, não há meio racional de dar o “salto indutivo”. A inferência indutiva é ilegítima. Para justificá-la deveríamos recorrer a princípios como “o futuro se assemelha ao passado” ou apelando para a “uniformidade da natureza”. Popper se recusa a admitir que nós observamos regularidades reais em processos naturais. Segundo Popper, toda a regularidade observada é fruto do hábito. As induções são sabidamente falíveis: não podemos passar de “algumas” nas premissas, para “todas” na conclusão. Logo, as leis científicas não são verificáveis em termos empíricos. Apelar para a experiência na tentativa de justificar a indução levaria a um regresso ao infinito (C&R, p. 72).

Contudo, Popper, seguindo de perto “o universo de conteúdos objetivos de pensamento de Frege (CO, p. 108), não concordava com a explicação psicológica¹⁷ de Hume do costume e do hábito para descrever comportamentos regulares (Ibid): “... *repetição baseada na similaridade...*” (Ibid, p. 74, itálicos de Popper).

Popper recusando a teoria psicológica de Hume propõe seu processo de tentativas - *conjeturas e refutações*:

“Fui levado portanto, por considerações puramente lógicas, a substituir a teoria psicológica da indução pelo ponto de vista seguinte: em vez de esperar passivamente que as repetições nos imponham suas regularidades, procuramos de modo ativo impor regularidades ao mundo. Tentamos identificar similaridades e interpretá-las em termos de leis que inventamos. Sem nos determos em premissas, damos um salto para chegar a conclusões — que podemos precisar por de lado, caso as observações não as corroborem” (C&R, p. 75-76).

¹⁷ Segundo Haack (2002, p. 312n) as razões de Popper para separar a epistemologia da psicologia são muito similares ao *anti-psicologismo* de Frege, para quem “a lógica não tem nada a ver com processos mentais, pois a lógica é objetiva e pública, enquanto o mental é subjetivo e privado” (Ibid., p. 311).

Popper resolvia, provisoriamente, o problema da validade dos enunciados empíricos universais dizendo que eles não eram verificáveis, mas somente refutáveis. A eles não se pode atribuir um valor de verdade, senão negativo.

Popper não resolve o problema, mas o abandona. Poderíamos dar uma resposta radical ao problema da indução proposto por Popper é:

“Agree that induction is unjustified and offer an account of knowledge, in particular scientific knowledge, which dispenses with the need for inductive inference” (Ladyman, 2002, p. 51).

(Trad. livre: Admitir que indução é injustificada e oferece considerável conhecimento, em particular conhecimento científico, que prescinde da necessidade de inferência indutiva.)

3.7. Popper e o problema da demarcação

O principal problema para a epistemologia popperiana é o da demarcação (pergunta kantiana sobre os limites do conhecimento científico): é o problema central ao qual se reduzem todas as demais questões da teoria do conhecimento, inclusive o problema da indução.

O problema da demarcação é o de saber quando uma teoria é científica ou não. Para responder a esta questão Popper busca inspiração em Einstein:

“Parafaseando la célebre expresión de Einstein «en la medida en que los enunciados de la matemática se refieren a la realidad no son ciertos, y en la medida en que son ciertos no se refieren a la realidad», puede obtenerse (sustituyendo «no cierto» por «falsable» o «refutable») esta definición de ciencia de la experiencia: en la medida en que los enunciados de la ciencia se refieren a la realidad tienen que ser refutables, en la medida en que no son refutables no se refieren a la realidad” (*P.F.E.*, p. 52).

(Trad. livre: Parafaseando a célebre expressão de Einstein «na medida em que os enunciados da matemática se referem à realidade não são certos, e na medida em que são certos não se referem à realidade», pode obter-se (sustituindo «não certo» por «falsificável» ou «refutável») esta definição de ciência da experiência: na medida em que os enunciados da ciência se referem à

realidade têm que serem refutáveis, na medida em que não são refutáveis não se referem à realidade.)

Desta maneira Popper constroi seu critério de demarcação como critério de falsificabilidade: só afirmam algo sobre a realidade aqueles enunciados que podem fracassar na experiência.

3.8. Método hipotético-dedutivo

Popper é categórico em argumentar que o procedimento da ciência se dá exatamente na direção oposta ao do indutivismo. Os cientistas partem da premissa de uma teoria e só depois passam a coletar fatos. Para ele, não existem observações ou fatos neutros que não sejam pressupostos por uma teoria. Não se pode apenas observar um fato sem antes saber seu significado. Não ocorre que os fatos simplesmente se façam conscientes para nós. A alternativa popperiana é o método hipotético-dedutivo. Para ele, este almeja a verdade absoluta e objetiva, mas não pode jamais alcançar a certeza. Um ato de imaginação gera uma hipótese, iniciado num rico contexto de conhecimento de fundo. Na tentativa de explicar o observável pelo inobservável é inventada uma resposta hipotética a um problema. Os enunciados que foram alcançados dedutivamente podem, agora, ser testados. Consequências experimentalmente testáveis, são deduzidas da hipótese. Experimentos são montados para testar as previsões. Um resultado favorável não é considerado um elemento de prova, mas um encorajamento para continuar com a hipótese. Por outro lado, o resultado que contraria a previsão falseará a hipótese. Com isso, adquirimos mais compreensão de nosso problema e rumamos para uma nova hipótese que percorrerá o mesmo caminho. Estas conjeturas e refutações nos aproximarão da verdade, mas sem jamais alcançar a certeza (Wachtershauser, 1995, p. 177-189).

A proposta popperiana do método hipotético-dedutivo pode ser esquematizada da seguinte maneira:



Como foi visto, o método hipotético-dedutivo reverte a ordem temporal do esquema indutivo. Começa-se com uma hipótese e raciocina-se que, se ela é verdadeira, certas consequências devem seguir-se; planeja-se então uma experiência ou uma série de observações destinadas a refutá-las. Assim, a hipótese é testada. Se os resultados forem incompatíveis com as deduções, a hipótese é modificada ou rejeitada¹⁸; se os resultados forem coerentes com elas, a hipótese é corroborada, mas não provada.

Contudo, Popper salienta que não há resposta fácil para a pergunta (AI, 1986, p. 141): *O que surge primeiro, o problema ou a teoria?* E acrescenta¹⁹:

comparem-se a isso os problemas “o que surge primeiro, a galinha (H) ou o ovo (O)?” e “o que surge primeiro, a hipótese (H) ou a observação (O)?” (*Ibid.* nota 210, p. 229-230).

Popper foi um dos primeiros filósofos a enfatizar que os cientistas poderiam ter diferentes fontes para suas hipóteses e que isto era irrelevante. O tipo de especulação ou imaginação empregada não necessitava de ser formalizada ou reduzida a regras.

¹⁸ “Popper nada nos diz sobre como podemos continuar o jogo da ciência com uma hipótese *falsificada*” (Lakatos, 1999, p. 185 n. 17), *itálico do autor*).

¹⁹ É surpreendente que Popper tenha dúvida sobre a galinha e o ovo, após morar na Nova Zelândia e sendo admirador de Darwin. Mamíferos australianos (Equidna e ornitorrinco) ovíparos, constituem transição entre réptil e mamíferos, seguindo o darwinismo o que veio primeiro foi o ovo, posto por um réptil em transformação.

“... o ato de conceber ou inventar uma teoria, parece-me não reclamar análise lógica, nem ser dela suscetível. A questão de saber como uma idéia nova ocorre ... pode revestir-se de grande interesse para a psicologia empírica, mas não interessa à análise lógica do conhecimento científico” (*LpC*, p. 31).

A este respeito Brandon (1996, p. 147-160) ironizou que os filósofos não têm como saber como as hipóteses são geradas; elas poderiam ser um presente divino ou fruto de uma indigestão.

Pelo exposto, torna-se premente apresentar a teoria da verdade popperiana, verdade por correspondência aos fatos. Popper considera a teoria da verdade objetiva, formulada por Alfred Tarski (1902-1983), “indispensável para explicar a diferença fundamental existente entre inferência dedutiva e mítica inferência indutiva ...” (*AI*, p. 49). Contudo, inicialmente será apresentado um resumo das principais teorias da verdade.

4. APROXIMAÇÃO À VERDADE

“Quando começamos a acreditar em algo, aquilo em que acreditamos não é uma proposição isolada, é um sistema inteiro de proposições.(A luz pouco a pouco ilumina o todo)”

Wittgenstein

A verdade é tema antigo²⁰ e controverso. Há várias concepções de verdade, especialmente por não ser um conceito definível:

“This does not mean we can say nothing revealing about it: we can, by relating it to other concepts like belief, desire, cause, and action. Nor does the indefinability of truth imply that the concept is mysterious, ambiguous, or untrustworthy” (Davidson, 1996).

(Trad. livre: Isto não quer dizer que não possamos dizer nada de revelador sobre ele: podemos, e fazemos isso relacionando-o a outros conceitos como crença, desejo, causa e ação. Tampouco a indefinibilidade da verdade implica que os conceitos sejam misteriosos, ambíguos ou duvidosos.)

E por ser um conceito é:

“... intelligibly attributed to things like sentences, utterances, beliefs and propositions, entities which have a propositional content” (Davidson, 2001, p. 65).

(Trad. livre: ... inteligivelmente atribuída a coisas tais como sentenças, enunciados, crenças e proposições, entidades que têm um conteúdo proposicional.)

As principais características da verdade, além da dificuldade na definição, são a qualidade absoluta e o problema da prova.

²⁰ O mito da caverna de Platão (*Republica*, livro VII) nos diz que nossa experiência direta não é da realidade, mas do que está em nossas mentes. Somos prisioneiros das aparências.

Os filósofos quando falam da “teoria da verdade” acabam tematizando a teoria do conhecimento e a teoria do significado, ou as duas ao mesmo tempo. A razão é a importância da noção de verdade para ambas as investigações; ela serve de ligação entre ambas: “só o que é *verdadeiro* pode ser *conhecido*” (Strawson, 2002, p. 116, itálicos do autor).

“Belief does not aim merely at truth; it aims at knowledge. The more it is justified by knowledge, the closer it comes to knowledge itself. If evidence and knowledge are one, then the more a belief is justified by evidence, the closer it comes to its aim” (Williamson, 2002, p. 208).

(Trad. livre: Crença não aspira meramente à verdade; ela tem em mira o conhecimento. Quanto mais ela é justificada pelo conhecimento, mais próxima estará do próprio conhecimento. Se evidência e conhecimento são uma unidade, então quanto mais uma crença é justificada pela evidência mais próxima estará de sua meta.)

São três as teorias tradicionais da verdade: a) verdade centrada na correspondência; b) pragmática; c) coerencial.

a) Verdade por correspondência

”Dizer do que é que ele não é, ou do que não é que ele é, é falso, enquanto dizer do que é que ele é, ou do que não é que ele não é, é verdadeiro” (Aristóteles *apud*. Haack, 2002, p. 144).

p é verdadeiro sse²¹ realmente p

A verdade é aquilo que é, a falsidade é aquilo que não é. Aristóteles separa os enunciados em positivos e negativos. Há um vínculo entre linguagem e realidade. A verdade é assegurada pela realidade. Para Kant (B 82) “adequação do conhecimento com seu objeto”.

²¹ Sse: se e somente se.

Strawson (2002, p. 114-115, itálicos do autor) resume verdade como correspondência:

“... a realidade *contém* o viver a experiência e formar e manter as crenças; a nossa experiência é a experiência *de*, mas o que no mundo é objeto *dessa* experiência, ou do juízo, ou *acerca* do qual formo a crença, é uma realidade independente em sua existência da ocorrência daquela experiência ou da formação daquele juízo sobre ela. Isso se reflete nos próprios conceitos (de objetos) que permeiam a experiência e entram no juízo. Assim concebemos a verdade *duma* crença, seja ela baseada na experiência ou transmitida pela comunicação, como dizendo respeito a realidade independente com que a crença se relaciona e que é *como* aquele que tem a crença acredita que seja”

Como salientou Strawson, o aspecto fundamental “... é o fato de ser *acerca* de uma realidade concebida como existindo independentemente das crenças a seu respeito” (*Ibid.*, p. 115, itálicos do autor).

b) Teoria pragmática

S é verdadeiro sse S é útil de se acreditar.

“As idéias verdadeiras são aquelas que podemos assimilar, validar, corroborar e verificar” (James, 1979, p. 72, itálicos do autor).

William James defende a teoria de que a verdade não é uma propriedade estagnada de uma idéia, mas “... *torna-se* verdadeira, é *feita* verdadeira pelos acontecimentos” (*Ibid.*, itálicos de James).

Para James a verdade é um processo que necessita de verificação e validação, estando relacionado com o que é vantajoso em nossa via de pensar: “A verdade é o nome de tudo o que se mostra bom no caminho da crença” (James *apud.* da Costa, 1999, p. 1319). Como enfatizou Haack (2002, p. 140) “O significado de um conceito deve ser dado pela referência às consequências ‘práticas’ ou ‘experimentais’ de sua aplicação...”.

c) Teoria da coerência

S é verdadeiro sse S é um membro de um conjunto de crenças coerente internamente.

A teoria da coerência “a verdade como uma propriedade do sistema enquanto tal, internamente, sem referência a nada de externo” (Dutra, 2001, p. 66). O critério de verdade de um enunciado é dado pela concordância com os outros enunciados. A ênfase vai para o relacionamento lógico das crenças.

Strawson (2002, p. 115) enfatiza que “... não há contato cognitivo com a realidade, nem portanto conhecimento dela, que não envolva formar uma crença, fazer um juízo e recorrer a conceitos”. O julgamento da coerência do sistema deve derivar do próprio sistema (Dutra, 2001, p. 67).

4.1. A teoria da verdade em Popper

Um dos aspectos fundamentais da proposta popperiana - Racionalismo Crítico - é concernente ao problema da verdade. Popper inicialmente tinha a “verdade” como um problema extremamente controvertido. Alegava que o critério de progresso científico “é intuitivamente satisfatório sem fazer referência à veracidade das teorias” (C&R, p. 248). Tudo mudou quando Popper conheceu os trabalhos do lógico polonês Alfred Tarski²².

Tarski parte da concepção aristotélica clássica da verdade (Fig. 2), propondo:

“... que qualquer definição aceitável de verdade deva ter como consequência todas as instâncias do esquema (T)”:

²² O primeiro encontro foi na Conferência de Praga, em agosto de 1934. Eles tiveram outros dois encontros em Viena e Paris, no mesmo ano e no ano seguinte, respectivamente (AI, p. 96).

(T) S é verdade sse p

Uma instância de (T) é:

‘A neve é branca’ é verdadeira sse a neve é branca.

O esquema (T) tarskiano “não é uma definição de verdade, mas condição de adequação material” (Haack, 2002, p. 144).

Popper é reconhecido a Tarski: “mais do que qualquer outra pessoa, foi quem mais coisas me ensinou” (AI, p. 96). Segundo Popper²³, o maior mérito de Tarski foi “ter reabilitado a teoria da correspondência da verdade objetiva ou absoluta, justificando o uso livre da idéia intuitiva da verdade como correspondência aos fatos” (C&R, p. 249). Segundo esta teoria uma crença é verdadeira se e somente se corresponde a um fato, a um estado de coisas objetivamente existente, independentemente das crenças a seu respeito:

“... qualquer teoria de correspondência deve ser formulada em metalinguagem; isto é, uma linguagem em que se possa discutir, ou falar sobre, as expressões de uma linguagem-objeto sob investigação” (CO, p. 298).

Popper considera o caráter de *absoluto* e *objetivo* como as principais características da teoria da correspondência. Como salientou Haack, Popper parte da teoria *semântica*²⁴ de Traski, que tem origem na concepção aristotélica da verdade (Fig. 2), onde a verdade é definida em termos da relação entre sentenças abertas e objetos não-linguísticos, para desenvolver sua “própria explicação do papel da verdade como um ideal regulativo da investigação científica”

²³ Popper insiste que “até Tarski, não tinha havido nenhuma teoria da correspondência genuína e satisfatória” (Haack, 2002, p. 169).

²⁴“Thus, we may accept the semantic conception of truth without giving up any epistemological attitude we may have had; we may remain naïve realists, critical realists, empirists or metaphysicians – whatever we were before. The semantic conception is completely neutral toward all these issues” (Tarski *apud.* da Costa, 1999, p. 117). (Trad. livre: Então, nós podemos aceitar o conceito semântico de verdade sem desistir de qualquer atitude epistemológica que possamos ter tido; podemos permanecer realistas ingênuos, realistas críticos, empiristas ou metafísicos – o que quer que fôssemos antes. O conceito semântico é completamente neutro para todos estes pontos.)

(Haack, 2002, p.159). Vale lembrar que o próprio Tarski era “modesto em relação às pretensões epistemológicas de sua teoria” (*Ibid.*, p. 157).

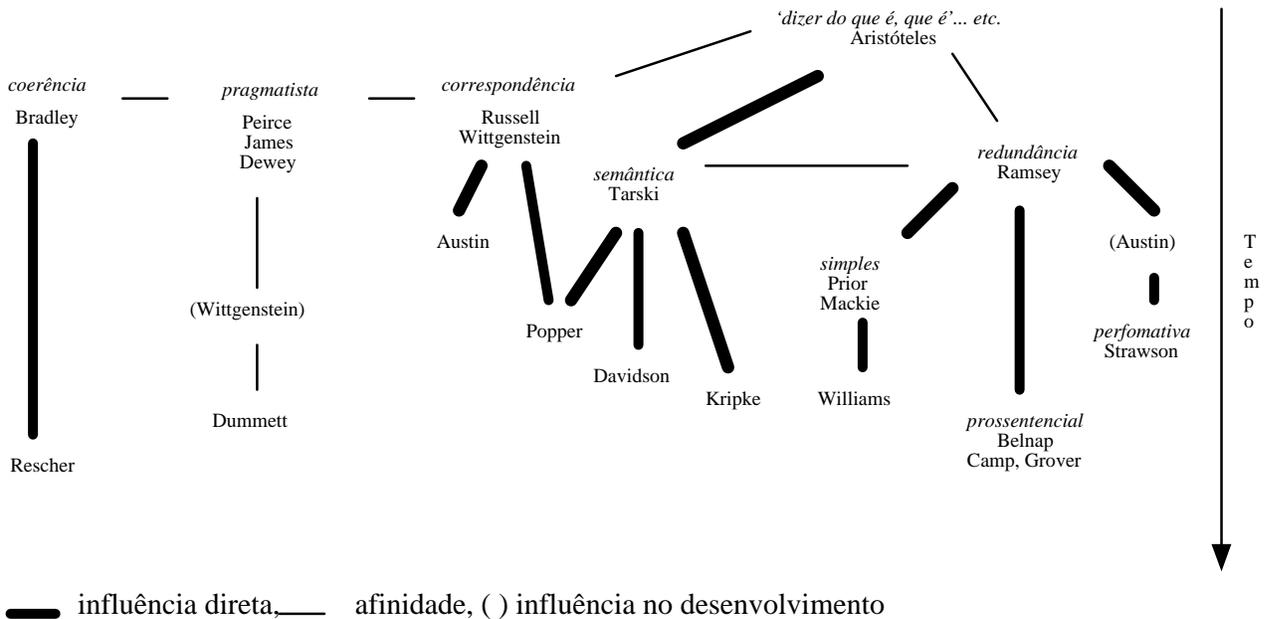


Figura 2 - Teorias da verdade, retirado de Haack (2002, p. 128).

Popper contrasta *absoluto e objetivo* com *subjetivo* (relativo a nosso conhecimento ou crença). A esse respeito, Popper é entusiasticamente contra as teorias rivais da verdade (*C&R*, p. 250): teoria da *coerência* - confunde consistência com a veracidade; teoria *pragmática* ou *instrumentalista* - confunde a utilidade com a verdade. Para Popper elas são subjetivas (ou *epistêmicas* – ligam a verdade diretamente ao que é acreditado), contrapondo-se à teoria objetiva (*metodológica*) de Tarski. São subjetivas no sentido de que “derivam da posição subjetivista fundamental que só pode conceber o conhecimento como uma modalidade de estado mental, uma disposição ou um tipo especial de crença” (*Ibid.*, p. 250).

A reabilitação da teoria da correspondência por Tarski modificou radicalmente o tom geral da filosofia da ciência de Popper. Isto o estimulou a construir a teoria da verossimilhança ou proximidade da verdade, buscando na verdade objetiva, à qual a investigação científica aspira, o ideal regulador da ciência (Haack, p. 163). Popper busca idéia de progresso na ciência na teoria da verossimilhança (conteúdo de verdade menos conteúdo de falsidade), o que é responsável pelo seu otimismo epistemológico: "... uma teoria t_2 , que passou por certos testes severos, é preferível a uma teoria t_1 que foi refutada por esses mesmos testes..." (C&R, p. 260). A verdade não é dada pelos fatos, mas pelas teorias, que é verdadeira quando corresponde aos fatos:

- 1) t_2 faz assertivas mais precisas do que t_1 e essas assertivas mais precisas passam por verificações mais precisas;
- 2) t_2 leva em conta mais fatos e explica mais fatos do que t_1 ;
- 3) t_2 descreve ou explica os fatos mais pormenorizadamente do que t_1 ;
- 4) t_2 superou verificações que t_1 não conseguiu superar;
- 5) t_2 sugeriu novas verificações experimentais, que não eram tomadas em consideração antes que t_2 fosse formulada e t_2 superou essas verificações;
- 6) t_2 unificou ou conectou vários problemas que, até então, não haviam sido unificados ou conectados entre si.

Desta forma, salienta Popper, a teoria t_2 tem, demonstradamente, um grau de verossimilhança maior do que t_1 . Para ele as teorias que correspondem melhor aos fatos, são melhores aproximações da verdade do que suas rivais. Esta visão popperiana tem inspiração na física: a verossimilhança é crescente de Kepler e Galileu, passando por Newton, até Einstein.

Mas, Popper enfatiza que "*a verdade não é o único objetivo da ciência ... buscamos a verdade interessante ... procuramos a verdade com alto grau de capacidade explicativa ...*" (C&R, p. 255, itálicos de Popper).

5. FALSIFICACIONISMO E REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS

5.1 A física como modelo de cientificidade

Não há experiências que bastem
para provar que tenha razão;
uma única experiência pode provar
que estou errado.
Einstein

O critério de cientificidade de Popper, fundado sobre a condição de falsificabilidade (refutação) empírica nasceu como tentativa de compreensão das teorias científicas e, em particular, da obra einsteniana²⁵. Fato que foi reconhecido por ele em simpósio, em sua homenagem, em Viena, em 1983 (*O futuro está aberto*), quando falou sobre a teoria da relatividade: “foi ela que tanto me influenciou na minha atitude face à teoria da ciência”. Popper considerava Einstein o “verdadeiro cientista”. Pensava que só é cientista de verdade aquele que aceita expor deliberadamente sua teoria à prova dos fatos.

Popper compreendia que, numa era de ascensão da ciência, o objetivo mais elevado da filosofia deveria ser o de colocar em xeque a ciência, infundindo a dúvida nos cientistas. Só assim a busca humana do conhecimento poderia continuar aberta. O mistério do universo alimentaria esta busca potencialmente infinita. O cientista não deveria acreditar demais em suas próprias teorias. Parar de procurar a verdade seria uma tragédia. A busca da verdade é o que dava valor à vida. Esta convicção de Popper está refletida no título da sua autobiografia, *Unended quest*.

²⁵ Não é de estranhar que Einstein tenha influenciado a filosofia, pois ele mudou profundamente nossa visão de mundo, quando destrói a rigidez da concepção newtoniana de espaço e tempo, que foram relativizadas em relação ao observador. Ele, convencido da racionalidade e unidade da natureza, mostrou que a função da ciência é revelar a essência da realidade que se esconde por trás da limitada percepção sensorial. “Einstein *busca conscientemente a eliminação do erro*. Ele procura matar suas teorias: *é conscientemente crítico* de suas teorias, as quais, por isto, procura *formular* nitidamente e não vagamente” (CO, p. 34-35, itálicos de Popper). Daí a tese central de Popper – a teoria científica deve formular claramente as condições de falsificação.

Popper refuta o marxismo (*A sociedade aberta e seus inimigos*) e impugna a reivindicação de científicas para as idéias de Freud, como sendo pseudociências da mesma forma que astrologia. A diferença de uma ciência verdadeira, como a teoria da relatividade de Einstein, é que elas não poderiam ser testadas. A saber, a teoria einsteiniana poderia fazer previsões sobre o mundo que podiam ser empiricamente testadas.

“A tarefa da ciência é em parte teórica – *explicação* – e em parte prática – *predição e aplicação técnica*” (CO, p. 321, itálicos de Popper).

Popper negava que uma teoria pudesse ser provada por indução ou por testes empíricos ou observações sucessivas. Com a metáfora dos cisnes brancos, alertava que nunca se sabe se as observações foram suficientes; a observação seguinte pode contradizer tudo o que a precedeu. As observações só podem provar a inverdade de uma teoria ou refutá-la.

Popper expandiu esse princípio da refutação, transformando-o numa filosofia que chamou de *racionalismo crítico*. Um cientista se arrisca a apresentar uma proposição, e outros tentam derrubá-la com argumentos contrários ou evidência experimental.

A filosofia de Popper, como foi visto, deriva de um estudo da física. Esta atitude de tomar o molde rígido das normas da física – simplicidade, estabilidade, objetividade - como padrão geral de cientificidade, para as demais disciplinas científicas, é considerada absurda:

“Tanto os positivistas lógicos quanto Popper defendem o postulado segundo o qual os métodos e as normas da física devem ser aplicados, da mesma forma, à biologia, à psicologia e às teorias sociais. Como se a física representasse o paradigma da "verdadeira" Ciência, ao qual todas deveriam aspirar, sob pena de não atingirem a cientificidade. Esta pretensão parece absurda” (Japiassu, 2002, p. 109).

Heidegger, questionando a essência da técnica, mostra que a física moderna, na sua aproximação das coisas, é sistematicamente violenta, onde o homem de ciência disfarça sua sede

de vontade de poder em apetite de saber. Segundo Heidegger, esta interpelação da natureza torna as coisas, objetos dominados:

“A física moderna não é experimental por usar, nas investigações da natureza, aparelhos e ferramentas. Ao contrário: porque, já na condição de pura teoria, a física leva a natureza a ex-por-se, como um sistema de forças, que se pode operar previamente, é que se dispõe do experimento para testar, se a natureza confirma tal condição e o modo em que o faz” (Heidegger, 2002, p. 24-25).

5.2. Conjeturas & refutações

Em nossa infinita ignorância,
somos todos iguais.
Popper

O problema do progresso científico, em princípio a-histórico e não social, cuja estrutura interna e evolução só obedeciam à lógica, é resolvido por Popper, no contexto das refutações, com verificação experimental guiada pelo princípio da falsificação. Os cientistas primeiro constroem teorias ousadas para explicar certos fenômenos, e depois testam-nas incansavelmente até que elas sejam substituídas por novas. A receita popperiana seria a audácia nas conjeturas de um lado e austeridade nas refutações de outro. O escopo é a aproximação da verdade. Mas, não se pode, segundo Popper, comprovar de modo definitivo, absoluto, a verdade de uma teoria, pois nenhuma teoria é imune à possibilidade de ser testada e, portanto, à possibilidade de ser falsificada.

Apel (1998, p. 41) salienta que a conexão entre falsificacionismo e progresso do conhecimento não se limita a eliminação da hipótese falsa, mas a uma *a priori* aproximação da verdade com o decorrer do tempo.

5.3. Conhecimento objetivo

O mundo popperiano se desdobra em três níveis (CO, p. 108): o mundo 1, mundo físico e das regras matemáticas que é usado para descrevê-lo; o mundo 2, que é o mundo dos estados de consciência, dos estados mentais, das disposições para a ação; e o mundo 3, é o mundo da cultura²⁶, dos conteúdos lógicos de livros, bibliotecas, memórias de computador, neste os principais habitantes são os argumentos críticos, o que para Popper é a característica que melhor distingue a racionalidade humana. O terceiro mundo popperiano (CO, p. 108) tem muito em comum com a “teoria das Formas ou Idéias” (Platão), “espírito objetivo” (Hegel), “universo de proposições em si mesmas e de verdades em si mesmas” (Bolzano) e “mais de perto ao universo de conteúdos objetivos” (Frege). Este terceiro mundo, Popper diz, é autônomo (Fig. 3).

Mundo(1)físico ...> Mundo(2)mental ...> Mundo(3)da cultura

Figura 3 - Hierarquia de mundos de Popper

Popper ao dirigir-se ao mundo 3 diferencia-se da epistemologia tradicional, que se ocupa do mundo 2. Para Hacking (1999, p. 180-181) o núcleo da filosofia de Popper estaria no “curto-circuito” do mundo 2: “ele entende a epistemologia como constituída pelos modos em que o mundo 1 e o mundo 3 interagem. O mundo 3 é um produto da humanidade, e a maioria dos nossos produtos corporativos de tipo mais físico não poderiam ser fabricados sem o Terceiro mundo”.

O conhecimento objetivo produzido pelo homem é distinto do sujeito que o produz. O mundo 3 é feito pelo homem. Uma vez criado ele torna-se autônomo. O homem não o dirige. Por ser uma criação humana, tem teorias verdadeiras, falsas e especialmente problemas. Logo, é mutável.

²⁶ Penrose propõe que o terceiro mundo popperiano seja o mundo dos absolutos platônicos – em particular, da verdade matemática absoluta. Para ele existe relação entre os diferentes mundos. Diz que nosso desafio é entender o mundo mental nos termos do mundo físico e que este se comporta em conformidade com a matemática (Penrose, 1998, p. 105-109).

A autonomia do conhecimento objetivo, em relação ao mundo 2, com seus “livros, bibliotecas e memórias de computador”, como um conhecimento essencialmente sentencial, no entender de Hacking (*Ibid.*, 182-183) traz consigo novos objetos de pesquisa, cujas investigações apenas começaram. De qualquer forma conclui que a linguagem interessa à filosofia por servir de “interface entre o sujeito cognoscente e aquilo que é conhecido”(*Ibid.*).

5.4. Solução de problemas

Deutsch (2000, p. 46) reconhece que a moderna teoria do conhecimento científico é grandemente influenciada por Popper²⁷, que considerava a ciência como um processo de solucionar problemas, o que tem lugar em seu mundo 3: mundo das teorias em si mesmas e situações de problemas em si mesmas. Esta teoria pode ser tida como a das explicações hierárquicas, no contexto de aumentar o poder explicativo:

“Sempre que passamos a explicar uma lei ou teoria conjectural por meio de uma nova teoria conjectural de grau de universalidade superior, estamos descobrindo mais acerca do mundo, tentando penetrar mais fundo em seus segredos” (*CO*, 1999, p. 184).

Para Popper não existia nenhuma explicação que não necessitasse de outra explicação. Na ausência de critério conclusivo de verdade empírica, só nos resta aprender com os nossos erros, numa evolutiva articulação e transformação de problemas que, através de tentativas e erros, vão solucionando-se ou sendo abandonados, o que suscita o aparecimento de novos problemas (Fig. 4).

²⁷ “A maioria dos cientistas não pensa filosoficamente, mas entre a minoria que se preocupa com metaquestões referentes à natureza de sua atividade, é provável que Karl Popper fosse um dos primeiros filósofos a ser citados por eles” (Polkinghorne, 2001, p. 30).

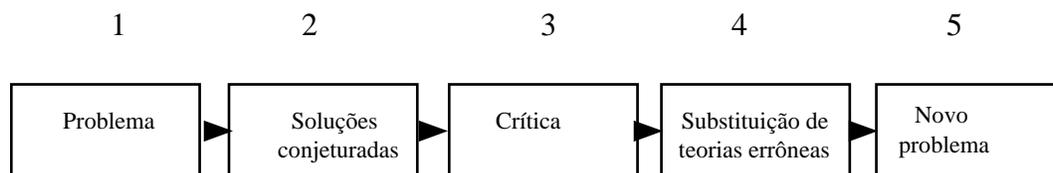


Figura 4 - Diagrama do esquema crítico popperiano, retirado de Deutsch (2000, p. 48).

O ponto inicial é o reconhecimento do problema, ao qual é oferecido uma solução provisória (conjetura), com vistas à eliminação dos erros (seleção natural pré-científica; no nível científico, exame crítico e experimentação) este processo se renovaria a si mesmo a partir da exposição dos erros das teorias tentativas (C&R, p. 443). O esquema popperiano mostra que a ciência começa e termina com problemas. Contrariamente ao indutivismo, a ciência “não busca ‘o verdadeiro’, ou seja, verdades supostamente absolutas” (Deutsch, 2000, p. 48). O progresso é visto no contexto do aumento do poder explicativo, maior profundidade, maior universalidade (CO, p. 190-191). Para Popper, o processo de aprendizagem não é um processo repetitivo ou acumulativo, mas sim de diminuição de erros (*Ibid.*, p. 142).

5.5. Verificacionismo *versus* falsificacionismo

Segundo Popper podemos deduzir²⁸ que uma crença científica é falsa, mas nunca podemos induzir que ela seja verdadeira. Dito de outra maneira, as generalizações empíricas não são verificáveis, mas apenas falsificáveis. A maioria das hipóteses são generalizações e a descoberta de muitos exemplos ilustrativos específicos para sustentá-las jamais prova que elas

²⁸ Método dedutivo de teste baseado no *modus tolles*: se *p* é verdadeira, então *q* também será verdadeira; mas *q* é falsa, então *p* também é falsa:

Se *p*, então *q*.
q não é o caso

p não é o caso.

“Uma rápida reflexão mostra que sejam quais forem os enunciados particulares que ocupem os lugares marcados pelas letras ‘*p*’ e ‘*q*’, a conclusão será verdadeira se as premissas o forem” (Hempel, 1974, p. 21).

são verdadeiras num sentido absoluto, porque normalmente é impossível examinar todos os exemplos concebíveis.

Por outro lado, uma generalização pode ser refutada quando se encontram exemplos onde ela não é verdadeira. Como disse Popper, a coerência não pode estabelecer a verdade, mas a incoerência e a inconsistência sem dúvida estabelecem a falsidade. O crescimento do conteúdo empírico de uma teoria, aumentando seus falsificadores, acarretará maior probabilidade de a teoria ser refutada pela experiência. Uma teoria falsificável em mais alto grau diz mais sobre o mundo da experiência.

Há circunstâncias em que nós podemos dedutivamente falsificar uma crença científica do ponto de vista lógico, mas não há circunstâncias em que nós podemos indutivamente verificá-la. Popper fixa a ordem metodológica da falsificação nesta assimetria. A epistemologia popperiana reflete a força do erro. Um sistema empírico deve ser refutado pela experiência.

Sobre esta assimetria é construído o edifício popperiano. A preocupação com a verificação dá lugar à da possibilidade de refutação. Esta assimetria entre verificação e falsificação não é tão nítida como Popper declarou que fosse.

“When, for example, we draw a right-angled triangle on the surface of a sphere using parts of three great circles for its sides, and discover that for this triangle Pythagoras' Theorem does not hold, we may decide that this apparently negative instance is not really negative because it is not a genuine instance at all. Triangles drawn on the surfaces of spheres are not the sort of triangles which fall within the scope of Pythagoras' Theorem. Falsification, that is to say, is no more capable of, yielding conclusive rejections of scientific belief than verification is of yielding conclusive acceptances of scientific beliefs. The asymmetry between falsification and verification, therefore, has less logical significance than Popper supposed” (Gower, 1997, p. 203).

(Trad. livre: Quando, por exemplo, nós traçamos um triângulo de ângulo reto na superfície de uma esfera usando partes de três grandes círculos para seus lados e descobrimos que para este triângulo o Teorema de Pitágoras não se aplica, nós podemos sustentar que esta instância aparentemente negativa não é realmente negativa porque ela não é absolutamente uma instância genuína. Triângulos traçados na superfície de uma esfera não são a espécie de triângulo que

incorrem na perspectiva do Teorema de Pitágoras. A falsificação, é necessário reconhecer, não é mais capaz de ajudar conclusivamente na rejeição de uma crença científica do que a verificação é na ajuda conclusiva da aceitação da mesma. A assimetria entre falsificação e verificação, portanto, tem menor significado lógico do que supôs Popper.)

Popper rejeitou firmemente a indução, mas ela é a base do programa popperiano da refutabilidade, desta maneira vemos que Popper não está muito distante de Francis Bacon:

“Anyone who takes evidence seriously in any way at all in deciding what to believe, or tentatively to accept as true, or to ‘prefer’, is an inductivist in this broad sense. Inductivism in this broad sense is more or less equivalent to empiricism ... And Popper the arch anti-inductivist is certainly an empiricist of sorts” (Musgrave, 1993, p. 173-174).

(Trad. livre: Qualquer um que leve seriamente a evidência em consideração, em qualquer sentido, na decisão do que acreditar, ou tentadoramente aceitar como verdade, ou ‘preferir’, é um indutivista no senso largo. Indutivismo nesse senso largo é mais ou menos equivalente ao empiricismo... E Popper, o aqui anti-indutivista é certamente uma espécie de empiricista.)

Mas, Putnam alerta que não é um bom conselho para um pesquisador:

"... Popper is not right in maintaining that induction is unnecessary. Even if scientists do not inductively anticipate the future (and, of course, they do), men who apply scientific laws and theories do so. And ‘don't make inductions’ is hardly reasonable advice to give these men" (Putnam, 1992, p. 122).

(Trad. livre:... Popper não está correto em afirmar que a indução é desnecessária. Mesmo que os cientistas não antecipassem indutivamente o futuro (e, certamente, eles o fazem), homens que aplicam leis e teorias científicas antecipam. Não é um bom conselho a dar a estes homens ‘que não façam induções’.)

Putnam compara os esquemas indutivista e popperiano, concluindo que eles não são muito diferentes:

"Theory implies prediction (basic sentence, or observation sentence); if prediction is false, theory is falsified; if sufficiently many predictions are true, theory is confirmed. For all his attack on inductivism, Popper's schema is not *so* different: Theory implies prediction (basic sentence); if prediction is false, theory is falsified; if sufficiently many predictions are true, and certain further conditions are fulfilled, theory is highly corroborated"(*Ibid.*, p. 123, grifo de Putnam)."

(Trad. livre: Teoria implica em predição (sentença básica ou sentença observacional); se a predição é falsa a teoria é falsificada; se um número suficientemente grande de predições são verdadeiras, a teoria é confirmada. Por todo seu ataque ao indutivismo, o esquema de Popper não é *tão* diferente: teoria implica em predição (sentença básica); se a predição é falsa a teoria é falsificada; se um número suficientemente grande de predições são verdadeiras, e certas condições futuras são preenchidas, a teoria é altamente corroborada.)

E Putnam (*Ibid.*, p. 124) dá um alerta: "in a great many important cases, scientific theories do not imply predictions at all" (Trad. livre: na grande maioria dos casos importantes, teorias científicas não implicam absolutamente em predições).

5.6. Lakatos tenta melhorar o falsificacionismo

A filosofia da ciência sem a história
da ciência é vazia; a história da ciência
sem a filosofia da ciência é cega.

Lakatos

Lakatos procura avançar em relação à questão do falsificacionismo²⁹, com sua idéia de um *programa de pesquisa científica* na tentativa de entender como as teorias científicas podem ser sustentadas mesmo não reproduzindo os dados experimentais, contrariando o

justificacionismo – intelectualista (*a priorismo*) e empirista (*indutivismo*) – da racionalidade clássica: *o conhecimento científico consistia em proposições demonstradas* (Lakatos, 1979, p. 113).

O programa de pesquisa de Lakatos não se refere a combinação de teoria e experimento que um grupo de pesquisador utiliza. Mas, é a seqüência do desenvolvimento de teorias que duraram séculos e que foram revisadas por idéias novas. O programa tem três partes fundamentais: núcleo duro, heurística³⁰ negativa e heurística positiva.

O núcleo duro, que defe a pesquisa, é inegociável (heurística negativa) que lhe dará segurança enquanto ativa³¹. Entre a idéia central e os fenômenos, há uma gama de hipóteses auxiliares cuja função é realizar ajustamentos para preservar sua essência e os fenômenos. O *modus tollens* é redirigido a este “cinto de proteção”. Os ajustamentos obedecem uma *heurística positiva* que diz: “Here is a set of problem areas ranked in order of importance - worry only about questions at the top of the list” (Trad. livre: Aqui temos uma área de problemas postos em ordem de importância – preocupe-se somente com as questões do topo da lista.) (Hacking, 1983, p. 116). Isto daria flexibilidade ao programa de pesquisa, que não seria abandonado mesmo na presença de fenômenos recalcitrantes. As evidências conflitantes com o núcleo do programa são consideradas como anomalias , e não falsificações (Polkinghorne, 2001, p. 31).

“Um programa é científico se apresenta perspectivas para a pesquisa, e se essa pesquisa leva (pelo menos às vezes) a êxito na forma de novas previsões. As anomalias tornam-se falsificações de um programa apenas quando este é substituído por outro que as explique melhor ...” (Chalmers, 1994, p. 32-33).

Lakatos define dois tipos de programas:

- a) progressivo: a teoria conduz ao descobrimento de novos fatos;

²⁹ Lakatos substitui o problema dos fundamentos pelo do crescimento crítico-falível do conhecimento científico.

³⁰ Lakatos introduz a palavra “heurística” como um adjetivo descrevendo um método ou processo que guia a investigação. A idéia de heurística é chave para identificar os programas de pesquisa, que é definido pelas heurísticas positivos e negativos.

³¹ O programa newtoniano tem no centro as três leis da dinâmica e a gravitação.

b) regressivo: o desenvolvimento teórico é posterior ao desenvolvimento empírico.

Este falsificacionismo sofisticado é um avanço em relação ao dogmático que tinha como lógica do crescimento da ciência o repetido derrubamento de teorias pela base empírica de fatos absolutamente firmes.

“São as “verificações” (e, não, as “refutações”) que mantêm o *programa*, a ser avaliado em função da *transferência progressiva* de problemas” (Regner, 1994, p. 107).

Como vimos no epígrafe Lakatos privilegia a racionalidade³² da história da ciência. O desenvolvimento do conhecimento objetivo tem uma explicação racional. Mas, Lakatos afirma que “a história da ciência é sempre mais rica do que sua reconstrução racional”.

A enorme dificuldade da metodologia de Lakatos surge de sua origem: a física contemporânea e a palavra ‘heurística’ foi retirada da matemática:

“Segundo Lakatos, não haveria diferenças entre o desenvolvimento das ciências naturais e o desenvolvimento da Matemática” (Molina, 2001, p. 133).

Esta restrição foi levantada ao método popperiano. Não podemos tentar explicar as demais ciências recorrendo à física e sua história.

³² Esta racionalidade é construída ao longo de um processo histórico.

5.7. Teorias celular e dos genes refutando as revoluções científicas

A possibilidade da teoria celular surgiu quando o corpo deixou de ser visto como reunião de órgãos, que, com funções integradas, formam o todo. A microscopia possibilitou a descoberta da estrutura elementar do corpo organizado - a célula - formação complexa, com capacidade de conter os atributos da vida.

O uso do microscópio possibilitou a Robert Hooke (*Micrographia*, 1665), um dos primeiros e melhores microscopistas, descobrir, numa fatia fina da cortiça, uma estrutura composta de um padrão compacto de pequenos orifícios retangulares, que batizou de células (lat. "câmara pequena"). Robert Brown (1831) viu no interior destas células os núcleos. Mathias Schleiden (1838) anunciou que todos os tecidos vivos das plantas eram compostos de células. No ano seguinte Theodor Schwann estendeu essa noção aos animais. Ambos tinham convicção de que o núcleo tinha importante relação com a reprodução (Harris, 1999).

Thomas S. Kuhn em *A estrutura das revoluções científicas* (1987) considera que o progresso científico não se realiza de modo linear e cumulativo, mas por revoluções científicas:

"... episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior" (Kuhn, 1987, p. 125).

Ernst Mayr (1998), discordando de Kuhn, propõe uma epistemologia evolucionista darwiniana, para explicar o progresso em biologia:

"... o progresso nas ciências biológicas não se caracteriza tanto pelas descobertas individuais, por importantes que sejam, ou pela proposição de teorias novas, mas muito mais pelo *gradual e decisivo desenvolvimento de novos conceitos*, e pelo abandono dos que antes eram dominantes. Na maioria dos casos, o desenvolvimento dos conceitos novos mais importantes não foi devido a descobertas individuais, mas muito mais à integração nova de fatos anteriormente estabelecidos. A teoria darwiniana da

descendência com modificações, por meio da seleção natural, representa boa ilustração desse princípio. Há outros exemplos desses conceitos baseados sobre fatos anteriormente conhecidos: haja vista, por exemplo, as noções de espécies biológicas, do programa genético, da recombinação genética, da especiação acelerada das populações periféricamente isoladas, da *teoria da célula, e do próprio gene*“ (*Ibid.*, p. 954-955, itálicos meus).

Ramos ativos da biologia, como a teoria celular (ver anexo), são campos férteis para conjeturas; não experimentam períodos de ciência normal; apresentam uma série de revoluções menores (p. ex., descoberta do núcleo) entre as maiores (p. ex., DNA); conjeturas bem sucedidas são selecionadas, antes de serem substituídas por outras melhores; conjeturas inválidas são eliminadas. Foi o caso da geração espontânea, que apregoava que a célula-filha originava-se a partir do fluído interno da célula mãe: nucléolo ...> núcleo ...> membrana celular. Rudolf Virchow mostra que *omnis cellula e cellula* (todas as células vêm de células).

Nem todas as revoluções são kuhnianas. Há revoluções na biologia, como a da descoberta do DNA, que não passaram por crises e mudaram o paradigma da genética.

Kuhn fez a história dos novos conceitos na ciência. Mas, existe a história das novas ferramentas. Esta foi realizada por Peter Galison (*Image and logic*, 1997). Segundo Dyson³³ “o progresso da ciência requer tanto novos conceitos como novas ferramentas” (Dyson, 2001, p. 19-62). Segundo Dyson (*Ibid.*) a maioria das revoluções científicas recentes foi impulsionada por ferramentas.

³³“Infelizmente, a versão da história de Kuhn foi dominante durante trinta anos, antes que a versão de Galison aparecesse para restaurar o equilíbrio. O livro de Kuhn tornou-se um clássico e deu a seus leitores não cientistas uma visão unilateral da ciência. Kuhn escreveu sobre as batalhas entre conceitos rivais, e alguns de seus leitores ficaram com a impressão de que a ciência é, em grande parte, uma questão subjetiva, uma luta entre pontos de vista humanos conflitantes, e não uma luta objetiva entre a precisão das ferramentas e as ambigüidades da natureza. Kuhn via a ciência do ponto de vista de um físico teórico, tomando como certo o dado experimental e descrevendo os grandes saltos da imaginação teórica que nos capacitam a entendê-lo. Galison vê a ciência do ponto de vista de um físico experimental, descrevendo os grandes saltos de engenhosidade e organização prática que nos capacitam a obter novos dados. Embora eu seja um teórico, considero a visão de ciência de Galison mais adequada. A maioria dos físicos teóricos tem uma tendência oposta, respeita mais a filosofia e menos a aparelhagem” (Dyson, 2001, p. 19-62).

É o caso do DNA e a difração de raios-X (Hacking, 1988, p. 514):

“The instrument theory of one science becomes built into the practice of another. Insofar as topical and instrument theories interact, there is a resultant unification of data domains, and hence an apparent unification or at least congruity among sciences”.

(Trad. livre: A teoria instrumental de uma ciência se constrói na prática de outra. De tal modo, como as teorias tópica e instrumental interagem, há uma unificação resultante dos domínios de dados e consequentemente uma unificação aparente ou pelo menos uma congruência entre ciências).

Hacking (*Ibid.*) conjectura que as revoluções kuhnianas são de dois tipos: um é imposto sobre um campo pré-paradigmático, o outro ocorre em ciências maduras, precisamente quando o novo *instrumentarium* gera dados fora de um domínio de dados estabelecidos.

A revolução maior não necessariamente muda o paradigma; os paradigmas anterior e subsequente podem coexistir por longo tempo; um paradigma dominante é mais propenso a ser mais fortemente afetado por um novo conceito do que por nova descoberta. As teorias ocorrem de acordo com o modelo darwiniano de variação e seleção.

6. CONTEXTO DE DESCOBERTA E DE JUSTIFICAÇÃO

Conhecimento é opinião verdadeira
acompanhada de razões.

Platão, *Teeteto*

O conhecimento definido como crença verdadeira justificada tem três exigências (Luft, 2001, p. 80):

- a) uma opinião deve ser emitida;
- b) esta opinião deve ser verdadeira;
- c) é preciso dar razões que sustentem a verdade do opinado.

As três partes da definição expressam uma condição necessária e suficiente. Como vimos, o lugar onde se dá a verdade é o discurso. A este respeito Popper nos diz que:

“Sem o desenvolvimento de uma linguagem descritiva (...) *nenhum objeto* pode haver para nossa discussão crítica. Mas com o desenvolvimento de uma linguagem descritiva (e mais, de uma linguagem escrita) pode emergir um terceiro mundo linguístico; e é deste mundo, e só neste terceiro mundo, que se podem desenvolver os problemas e os padrões da crítica racional” (CO, p. 121-122, itálicos de Popper).

Voltando à definição, sabemos através da lógica dedutiva que a veracidade da conclusão é assegurada pelo caráter verdadeiro das premissas, o que resolveria o problema das duas primeiras partes (a e b). Mas, a fundamentação da terceira (c) nos levaria a um *regressus ad infinitum* (Luft, 2001, 80-81).

Smith (2002, p. 184-186) resume o argumento antifundacionalista de Hans Albert:

“Albert argumenta que o fundacionalismo - especificamente, o esforço de fundamentar a validade de certas normas em fundações *a priori* - é logicamente insustentável, pois é apanhado numa regressão infinita (como são os fundamentos por sua vez fundamentados?) da qual ele pode escapar somente ao fazer apelos circulares a seus próprios axiomas ou pelo rompimento arbitrário e, portanto, dogmático. Em homenagem, presumivelmente, ao lendário barão que se livrou de circunstâncias difíceis

ao se erguer puxando-se pelo próprio cabelo, Albert chama a esse conjunto de alternativas de "trilema de Munchhausen".

6.1. Contexto de descoberta

Cientistas e filósofos da ciência parecem crer que a ciência é basicamente um processo de dois contextos. O primeiro diz respeito às *descobertas* de novos fatos, irregularidades, exceções, contradições na natureza, e a formação de conjeturas, hipóteses, ou teorias para explicá-las. O segundo contexto envolve *justificação* – os procedimentos através dos quais estas teorias são testadas e validadas.

Para a maioria dos filósofos, o caminho para uma nova teoria começa com a formação de uma conjetura ou hipótese para desvendar um enigma; esta hipótese é então submetida a testes rigorosos. Mas, a atividade do cientista começa mesmo antes³⁴. Durante a fase de descoberta ele está emaranhado numa rede de observações simples e de meras descrições de fatos muito grande. Quando ele encontra uma irregularidade inexplicável ou uma anomalia entre os fatos, este enigma o induz a um questionamento e esta pergunta leva eventualmente a uma hipótese.

³⁴ “O pesquisador tece redes conceituais, motivadas e controladas pela experiência, para impor ordem ao universo. Assim, ele também consegue prever, retrover e prover. Apesar de as teorias, hipóteses e leis serem parcialmente inventos nossos, elas revelam algo da realidade circunjacente, porquanto se inspiram na observação, na experimentação e em outras teorias já aceitas” (da Costa, 1999, p. 49).

Todo o cientista tem uma conjectura sobre o significado desta ou daquela observação. Mas é somente o experimento bem sucedido desta conjectura que move a descoberta científica. Como alguém conduz o teste da conjectura (justificação) tem se tornado a preocupação dos filósofos da ciência, em grande parte porque justificação é receptiva a análise lógica. A descoberta raramente segue “logicamente” a partir da situação precedente, e por este motivo a maioria dos filósofos não têm, tradicionalmente, considerado os aspectos das descobertas como sua pertinência.

Como vimos, Popper³⁵ prefere atribuir a descoberta ao acaso, a fatores psicológicos, ou, pior, às condições socioeconômicas predominantes. Este estreito foco da filosofia popperiana na justificação, excluindo o contexto da descoberta científica, tem sido criticado por vários filósofos da ciência, entre eles Thomaz Kuhn e Paul Feyerabend. Estes, por suas críticas a Popper, deram origem ao grande desenvolvimento da moderna epistemologia.

6.2. Contexto de justificação

Popper, abrindo mão da verificabilidade, nos mostra que é impossível uma justificação positiva dos enunciados científicos. Dutra (1998, p. 15-56), quando se refere a esta situação, lembra a parábola de Neurath:

“do marinheiro que não pode chegar ao porto para reparar ou mesmo reconstruir seu navio, isto é, ele não conta com nenhum apoio exterior seguro, que seriam os enunciados básicos com os quais justificaríamos os enunciados não-básicos da ciência” (*Ibid.*, p. 23).

³⁵ “Sua teoria é um exemplo de filosofia de qualidade, mas pouco esclarece no tocante às maneiras como as descobertas científicas são feitas. E não contribui em nada para explicar como os cientistas podem ter tanta certeza

O navio popperiano está à deriva, desconhecemos a rota e o estado do barco (*Ibid.*). Popper procura como alternativa compreender os mecanismos e fatores do crescimento do conhecimento. Numa clara influência do evolucionismo diz: “... há estreita analogia entre o crescimento do conhecimento e o crescimento biológico...” (*CO*, p. 114).

A alternativa pragmática é resumida por Barry Allen (2000, p. 220) a partir das idéias de Richard Rorty (*Philosophy and the mirror of nature*) sobre justificação como fenômeno social:

“Knowledge ... (is) what we are justified in believing ... (and) “justification” (is) a social phenomenon rather than a transaction between “the knowing subject” and “reality”.

Conhecimento... (é) o que nós temos justificativa para acreditar... (e) “justificação” (é) um fenômeno social mais do que uma transação “entre o sujeito conhecido” e a “realidade”.

Justification is not a matter of a special relation between ideas (or words) and objects, but of conversation, of social practice. Conversation (is) the ultimate context within which knowledge is to be understood. The community (is the) source of epistemic authority. Everything which is not a matter of social practice is no help in understanding the *justification* of human knowledge” (*Ibid.*, grifo do autor).

(Trad. livre: Justificação não é uma questão de relação especial entre idéias (ou palavras) e objetos, mas de conversação, de prática social. Conversação (é) o último contexto dentro do qual o conhecimento deve ser entendido. A comunidade (é a) fonte da autoridade epistêmica. Tudo que não é uma questão de prática social não é útil para o entendimento da *justificação* do conhecimento humano.)

de que suas teorias estão corretas, muito antes que se possa fazer qualquer tentativa de falseamento” (Morris, 2001, p. 139).

7. TEORIA E EXPERIMENTO

Hacking (1988, p. 507-514) sugere o termo ciência de laboratório para tematizar a relação estabilizadora entre teoria e experimento:

“One suggestive idea about how stability arises relies on the observation that theories and laboratory equipment evolve in such a way that they match each other and are mutually self-vindicating. Such symbiosis is a contingent fact about people, our scientific organization, and nature”.

(Uma sugestão sobre como a estabilidade aparece se baseia na observação de que as teorias e o equipamento de laboratório evoluem de tal maneira que se complementam e são mutualmente auto-justificáveis. Tal simbiose é um fato contingente sobre pessoas, nossa organização científica e a natureza).

Hacking refere que os dados não são carregados de teoria. “A teoria entra quando eles são interpretados. A ciência é uma tarefa dialética de adequar dados e teoria um ao outro. Dados que alguma vez são somente “rumores” podem mais tarde serem interpretados por uma teoria nova” (*Ibid.*).

Brandon (1996, p. 147-160), comparando o indutivismo com o método hipotético-dedutivo, na sua relação experimento e teoria, conclui que ambos são simplistas e ingênuos. O indutivismo não permite a estruturação e direção do experimento pela hipótese teórica. Já o método hipotético-dedutivo, embora considere o delineamento do experimento pela teoria, não leva em consideração a geração da hipótese, que é precedida de observação e da formulação de perguntas.

Considerações filosóficas da natureza da ciência ou do método científico são em parte considerações da relação da teoria e do experimento na ciência. Experimentos são frequentemente contrastados com observações. Nos experimentos o experimentador

deliberadamente manipula a natureza de alguma maneira, enquanto que em uma observação uma pessoa simplesmente observa como ela é (*Ibid.*).

Brandon (*Ibid.*), devido à importância do experimento e da teoria na ciência, nos convida a ir além da relação simplista entre os dois, imposta pelo método hipotético-dedutivo: se ambos indutivismo e o modelo hipotético-dedutivo estão no mesmo lado na descrição da relação do experimento e da teoria, então talvez algum tipo de combinação entre as duas fosse um passo na direção certa (Fig. 5).

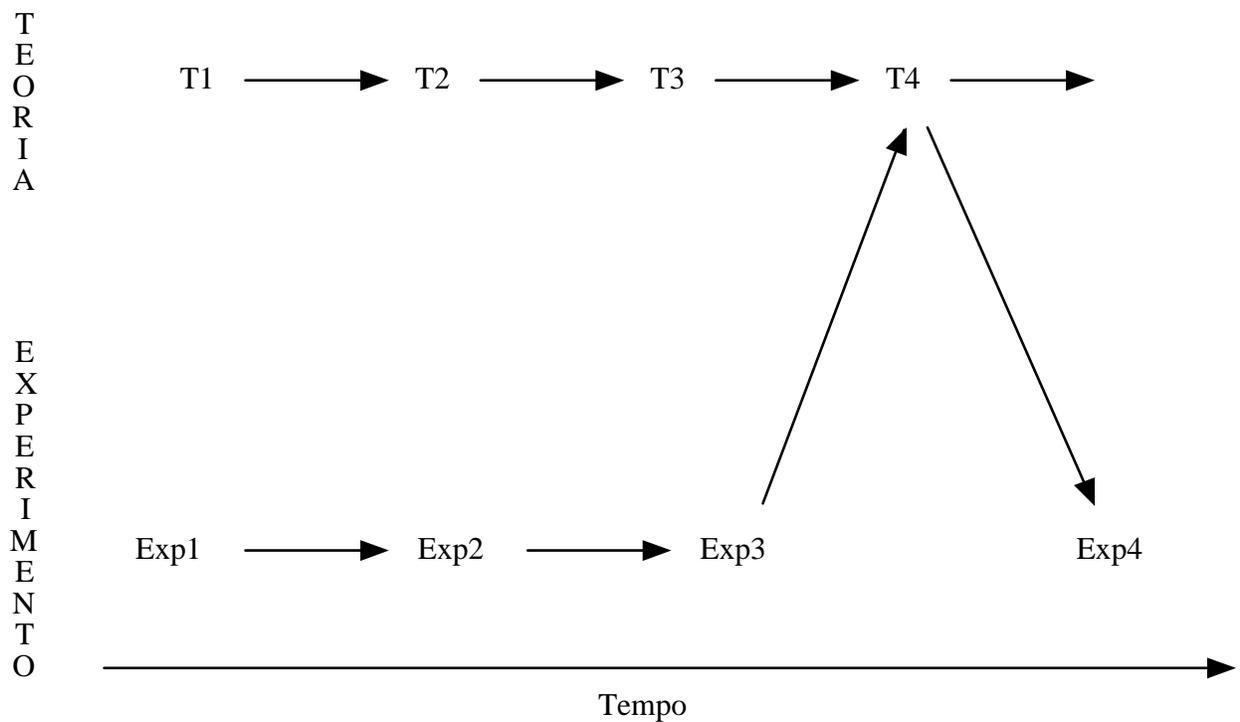


Figura 5 - Relação temporal entre teoria e experimento, com interação ocasional (Brandon, 1996, p. 159).

Partindo do princípio que tanto o indutivismo, como o modelo hipotético-dedutivo são inadequados, considerar uma posição intermediária entre a teoria e o experimento, como exemplifica a figura cinco, poderia ser útil. Ela mostraria uma interação de duas vias, onde o experimento é guiado pela teoria.

Juntando as tabelas 1 e 2 (Cf., anexos 1 e 2) e tomando como base a interação de duas vias, teoria e experimento, da figura anterior, é proposta uma nova maneira de ver a descoberta da penicilina e sua posterior fabricação para uso terapêutico (Fig. 6), no gráfico é considerado indistintamente observação e experimentação laboratorial como experiência, por motivos didáticos.

Desta maneira, teoria e experiência são vistas como duas fases que se alternam num mesmo processo, processo esse que nasce do desejo de compreender o mundo microbiológico no qual estamos imersos e do qual fazemos parte. A teoria do contágio por germes de Fracastoro³⁶ evolui com a descoberta microscópica de Leeuwenhoek³⁷, cujas observações não tinham teoria – era uma mera descrição de fatos, sem conteúdo explicativo, como diria David Deutsch (2000, p. 4-6).

“... experimental work could exist independently of theory. (...) much truly fundamental research precedes any relevant theory whatsoever”. (Hacking, 1938, p. 158).

(Trad. livre:...trabalho experimental poderia existir independentemente de teoria. (...) muito da pesquisa verdadeiramente fundamental precede qualquer que seja a teoria relevante).

³⁶ Em 1530, o médico italiano Girolano Fracastoro (1483-1553) publicou *Syphilis sive morbus gallicus* (Sífilis, ou doença francesa) com a hipótese das “sementes de contágio”, que poderiam passar de pessoa a pessoa (Fracastoro admitia o contágio pelo contato direto, pelo ar e através de objetos materiais), iniciando desta maneira a teoria de como os germes causam doenças infecciosas. Contudo, seu trabalho teve pouco impacto.

³⁷ Em 1676, Antony van Leeuwenhoek (1632-1733) revelou o microcosmo: “Leeuwenhoek’s observation that there were living creatures that could be seen only with a microscope opened up a whole new world for biologists to explore and is the *uncontested foundation stone of the modern science of microbiology*” (Harris, 1999, p. 54, *itálicos meus*). (Trad. livre: A observação de Leeuwenhoek de que havia criaturas vivas que poderiam ser vistas somente com o auxílio do microscópio abriu todo um novo mundo para os biólogos explorar e isto é a pedra fundamental incontestável da moderna ciência da microbiologia)

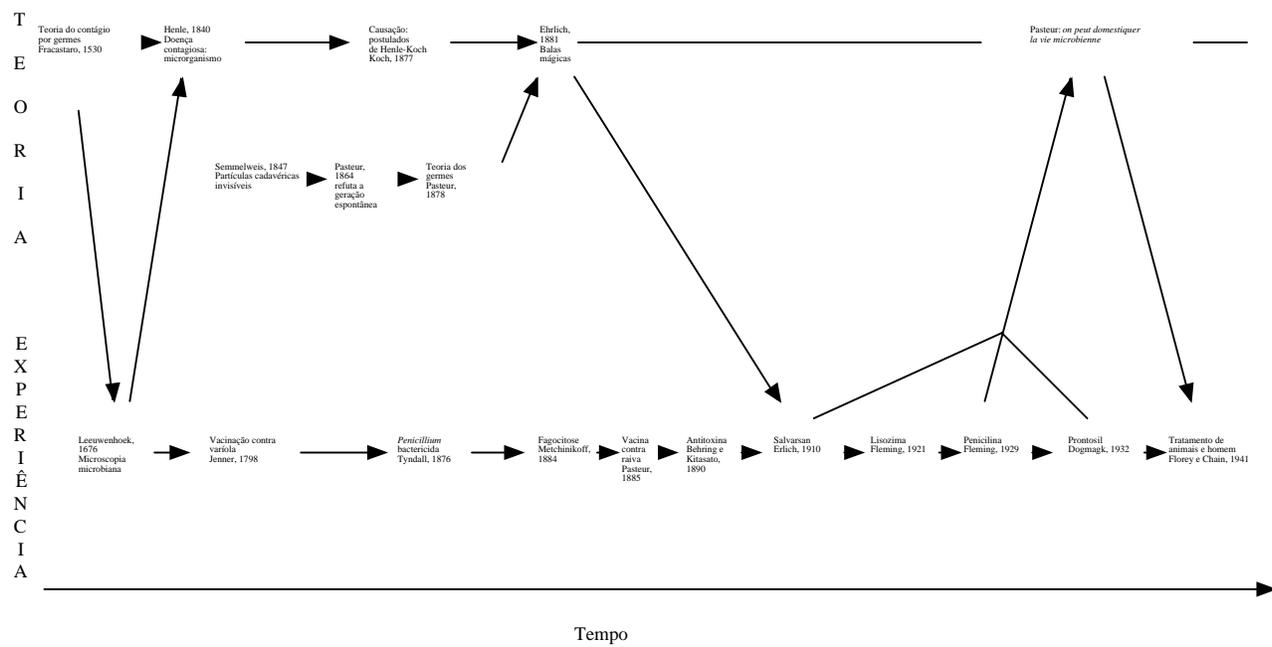


Figura 6 - Descoberta e produção da penicilina, vistas na intersecção da teoria dos germes e experiência (observação e experimentação laboratorial).

As explicações de Fracastoro foram baseadas em entidades desconhecidas para ele (as bactérias). Como regra, é isto que ocorre com nossas explicações sobre o mundo que nos rodeia, elas são compostas em termos de coisas que não observamos diretamente (Deutsch, 2000, p. 6):

“Quanto mais profunda é uma explicação, mais distante da experiência imediata estão as entidades a que ela deve se referir. Mas essas entidades não são fictícias, ao contrário, são parte da verdadeira estrutura da realidade” (*Ibid.*).

Sobre a percepção humana, concordo com uma conclusão de Lee Smolin (2002, p. 12): *por mais fantástica que seja, é grosseira demais para que possamos ver diretamente os fundamentos da natureza.* O que podemos aprender está limitado pela partida. O conhecimento, em qualquer momento dado, será uma função dos limites aos meios de percepção que temos à disposição. A invenção do microscópio revelou o que era completamente imprevisível pelos níveis de percepção que atingíamos antes desta descoberta.

Mas, Henle juntou a teoria de Fracastoro com a observação de Leeuwenhoek e viu as doenças contagiosas com outros olhos³⁸. Como observou Fleck (1979), as teorias que sustentamos têm uma função essencial na determinação daquilo que vemos. As teorias são feitas para permitir a observação, e observações são feitas para permitir a elaboração de novas teorias. Nossas especulações constroem uma ponte semântica (uma representação da realidade física por meio de símbolos) entre teoria e experiência. O mundo físico nos fornece o resultado do experimento, ele não nos dá explicações. Mas, somente estas permitem julgar a confiabilidade de uma previsão e deduzir previsões adicionais. A busca do conteúdo explicativo é o real objetivo da ciência (Deutsch, 2000, p. 4-6).

Em 1864, por uma série de experimentos simples (frascos em bico-de-cisne), Pasteur refuta a geração espontânea, dizendo que ela jamais se recuperaria: a vida somente pode provir

³⁸ O trabalho de Leeuwenhoek não escapou à atenção de Agostini Bassi (1773-1836), que demonstrou experimentalmente que a doença do bicho-da-seda era causada por bactéria. Esta descoberta foi aprovada por Jakob Henle (1809-1885), maior anatomista da Europa na época (veremos adiante, sua influência em seu aluno mais brilhante, Robert Koch). Na verdade não há divórcio entre teoria e prática, entre *episteme* e *techne*. As idéias armazenadas são teoricamente vistas sobre as aparências do mundo.

da vida; os germes³⁹ responsáveis pela fermentação – leveduras e bactérias – estavam na atmosfera.

Pasteur conclui que os microrganismos eram a causa e não o efeito da fermentação, putrefação e infecção⁴⁰. Estes dois últimos achados levaram Lister a desenvolver a cirurgia antisséptica.

Em 1878, Pasteur lança sua teoria dos germes: uma doença um germe; iniciou a era etiológica da medicina. Explicamos o microcosmo e suas relações com outros seres vivos, incluindo o homem. A partir desse momento foram estabelecidas as regras para a documentação etiológica (postulados de Henle-Koch) e como consequência o mundo microbiano foi manipulado pela quimioterapia. Como vimos foi um esforço sem precedentes de gerações de cientistas biomédicos.

Chegamos a penicilina. Ao analisarmos criticamente esta descoberta devemos concordar com Ludwik Fleck (1896-1961) e sua idéia de “fato científico”, apresentada em seu livro *Genesis and development of a scientific fact* (1979). Fleming estava mergulhado num estilo de pensamento que era comum aos microbiologistas do século 20, herança da unidade conceitual e prática das escolas de Pasteur e Koch:

“If we define "thought collective" as a community of persons mutually exchanging ideas or maintaining intellectual interaction, we will find by implication that it also provides the special "carrier" for the historical development of any field of thought, as well as for the given stock of knowledge and level of culture. This we have designated thought style. The thought collective thus supplies the missing component” (Fleck, 1979, p. 39).

(Trad. livre: Se nós definirmos "pensamento coletivo" como uma comunidade de pessoas trocando idéias ou mantendo interação intelectual, nós encontraremos por conexão que isso

³⁹ “É bem pouco provável que Pasteur jamais tenha ouvido falar de Leeuwenhoek” (Friedman & Friedland, 2000, p. 75).

⁴⁰ Pasteur conhecia o trabalho de Semmelweis. Embora não fosse médico conseguiu visitar necrotérios de hospitais e colheu amostras do sangue do útero de mulheres que tinham acabado de morrer de febre puerperal e identificou o estreptococo no material clínico: “O incidente nunca foi publicado, mas como Leeuwenhoek teria ficado orgulhoso ao saber disso!” (Friedman & Friedland, 2000, p. 78).

também fornece o ‘transmissor’ especial do desenvolvimento histórico de qualquer campo de pensamento, assim como de um estoque de conhecimento e nível de cultura. Isto, nós designamos como estilo de pensamento. O pensamento coletivo substitui o componente ausente.)

Quando Fleming viu o efeito do *Penicillium notatum* sobre o *Staphylococcus aureus* ele trazia consigo uma carga teórica⁴¹. O “fato científico” da (re)descoberta da penicilina estava moldado pela teoria dos germes. Ele viu porque tinha aprendido a ver, com a lisozima : “it is important first of all to learn to observe and ask questions properly (Fleck, 1979, p. 84)” (acima de tudo é importante observar e questionar apropriadamente). O que se observa depende não somente do que está ali para ser visto, mas também daquilo que o observador já viu antes (lisozima).

É inacreditável que Fleming, considerado o melhor terapeuta no tratamento da sífilis na Inglaterra, nunca tenha experimentado o efeito da penicilina no crescimento da espiroqueta da sífilis (até hoje a penicilina é o tratamento de escolha para esta doença sexualmente transmissível). Outro fato surpreendente é o de Fleming ter escolhido trabalhar com lisozima em detrimento da penicilina. A primeira, sabidamente sem utilidade terapêutica. Quanto a penicilina, não se acreditava, na época, que uma substância natural pudesse ser utilizada sistemicamente: “drogas antibacterianas eram uma ilusão”, disse Whright, chefe de Fleming⁴².

A retomada do estudo da penicilina foi estimulada pela invenção dos derivados sulfamídicos. Gerhard Domagk (1895-1964) descobre os efeitos antibacterianos do prontossil sulfonamida, pelo que recebe o Prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina, em 1939. Esta descoberta e o clima de guerra na Europa estimularam o desenvolvimento da penicilina como remédio pelo grupo de pesquisadores de Oxford, liderado por Howard Walter Florey e tendo como principal bioquímico Ernst Boris Chain. Em 1938, Florey e Chain testaram a penicilina na busca de agentes bactericidas naturais. No ano seguinte ficou claro o grande potencial do antibiótico. Nos próximos dois anos foram concluídos os testes que mostraram a penicilina como

⁴¹ Como salientou Albert Einstein “It is the theory that decides what we can observe” (Trad. livre: É a teoria que decide o que nós podemos observar.)

agente quimioterápico sem rival. Florey busca ajuda da Fundação Rockefeller e posteriormente a indústria farmacêutica norte americana (Merk, Squibb e Pfizer) torna-se profundamente envolvida. O investimento foi um sucesso e a penicilina ficou disponível em 1944.

Fleming, Florey e Chain compartilharam o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina, em 1945. Além de receber a glória, Fleming pôde aprender que a ciência é imprevisível e que a pesquisa é um processo sem fim sobre o qual nunca se pode dizer como evoluirá. O novo (a penicilina) não necessariamente será explicado pelo paradigma vigente. Por este motivo não se deve escolher um aspecto e rejeitar outro, no caso de Fleming, lisozima e penicilina, respectivamente.

7.1. Fleming e suas descobertas

Fleming, em 1929, relatou a descoberta (redescoberta, como veremos adiante) da penicilina da seguinte maneira:

“While working with *Staphylococcus* variants a number of culture-plates were set aside on the laboratory bench and examined from time to time. In the examinations these plates were necessarily exposed to the air and they became contaminated with various micro-organisms. It was noticed that around a large colony of a contaminating mould the *Staphylococcus* colonies became transparent and were obviously undergoing lysis”.

“Subcultures of this mould were made and experiments conducted with a view to ascertaining something of the properties of the bacteriolytic substance which had evidently been formed in the mould culture and which had diffused into the surrounding medium. It was found that broth in which the mould had been grown at room temperature for one or two weeks had acquired marked inhibitory bactericidal and bacteriolytic properties to many of the more common pathogenic bacteria”.

(Trad. livre: Enquanto trabalhava com diferentes cepas de *Staphylococcus*, um número de placas de cultivo foram deixadas sobre a bancada e examinadas esporadicamente. Ao serem examinadas, estas placas foram necessariamente expostas ao ar e se tornaram contaminadas com vários

⁴²“Não foi a primeira vez nem será a última que o reconhecimento de uma descoberta científica foi atrasado de muitos anos pelo fato de o pensamento médico estar restrito por um paradigma obsoleto” (Friedman & Friedland, 2000, p. 252).

microrganismos. Foi observado que ao redor de uma grande colônia de um fungo contaminante, as colônias de *Staphylococcus* se tornaram transparentes, obviamente ocorrendo lise.

Foram realizados subcultivos e experimentos deste fungo com a intenção de averiguar algumas das propriedades das substâncias bacteriolíticas que evidentemente se formaram no cultivo do fungo e que se difundiram no meio. Foi demonstrado que o meio líquido, em que o fungo cresceu a temperatura ambiente por 1 ou 2 semanas, adquiriu propriedades marcadamente inibitórias, bactericidas e bacteriolíticas para muitas das bactérias patogênicas mais comuns.)

Na verdade, como salientou Medawar (1993, p. 62), Fleming buscou a vida inteira algo como a penicilina, por ter conhecimento da teoria dos germes (Anexo 1) e das observações-experimentos em microbiologia (Anexo 2), o que já era do conhecimento de Pasteur.

Conforme salientou Deutsch (2000, p. 45) repetidas observações não podem *justificar* teorias. Mas, quando estas observações já estão num quadro explicativo, a extrapolação da observação pode *formar* nova teoria. Foi o que ocorreu com Fleming, ele não partiu de *tabula rasa*. Quando viu o antagonismo microbiano, veio à mente⁴³ toda a história da antibiose.

A primeira grande descoberta de Fleming foi a lisozima, em 1921. Uma placa de cultivo não apresentava crescimento bacteriano na região onde havia caído sua secreção nasal, quando do exame anterior, devido a resfriado que vinha apresentando. A substância responsável pela lise bacteriana era uma enzima, daí a origem do nome. Como salientou Fleming, este achado foi fundamental para a descoberta da penicilina⁴⁴.

⁴³ "... o conceito de eficácia causal não deriva da experiência de um mundo de objetos, mas é por ela pressuposto; ou, talvez melhor, já está conosco quando algo denominado 'experiência' começa" (Strawson, 2002, p. 161-162).

⁴⁴ "Não fosse a experiência anterior [com a lisozima], eu teria jogado fora o material, como muitos bacteriologistas devem ter feito antes..." (Fleming *apud* Roberts, 1993, p. 201).

Fleming, na publicação original, não refere a lisozima e, como salientou Popper, distorce a maneira de como a penicilina foi descoberta, sugerindo um estilo indutivo (*R.A.Sc.*, p. 48-49). Popper chama atenção de que o efeito bactericida não era nem mesmo inesperado. Ele antes mesmo de encontrar a penicilina tinha conhecimento da possível significado terapêutico deste tipo de achado (*Ibid.*, p. 41-42). O que é corroborado pela história da microbiologia (Anexos 1 e 2). Embora, o fator sorte⁴⁵ tenha sido crucial para a descoberta. Popper conclui que a descoberta não foi acidental e na verdade foi fruto de um grande pesquisador "... who knew very well what he was doing, and what was worth describing: and though it was an accident that the mould whose antibiotic properties he had observed turned out to be non-toxic, the existence of substances of this kind had been expected, and hoped for, for a long time" (*R.A.Sc.*, p. 49)⁴⁶.

Ficou claro que Popper não se deu conta de que Fleming tinha feito uma redescoberta. A história tende a se repetir. O que é mais surpreendente é o fato de Fleming não ter conhecimento da experiência de John Tyndall, meio século antes, especialmente por ter ocorrido em Londres e Tyndall ser o médico mais famoso da época, na Inglaterra. Que na sua curiosidade sobre a dispersão das bactérias no ar atmosférico: estão uniformemente distribuídas ou agregadas em "nuvens"? Realizou um experimento com tubos de ensaio contendo caldo de carne, que mostraram no dia seguinte que a distribuição das bactérias não era uniforme. A descoberta infinitamente mais importante, 24 horas após, como observaram, foi o crescimento, na superfície de alguns tubos, de um *Penicillium* "estranhamente belo" e "em todos os casos em que o mofo era espesso e íntegro, as bactérias morriam ou ficavam dormentes e caíam para o fundo como um sedimento" Friedman e Friedland (2000, p. 243-276).

⁴⁵ "Et si, comme Paul Ehrlich le disait, la découverte scientifique dépend du *Geld*, ou argent, du *Geduld*, ou patience, du *Geschick*, ou savoir-faire, et du *Gluck*, ou chance, ce fut le dernier de ces quatre éléments qui fut pratiquement le seul responsable de la découverte de la pénicilline. C'est certainement, dans toute l'histoire des sciences, le meilleur exemple du rôle que peut jouer le hasard dans les progrès de la connaissance" (Perutz, 1991, p. 177). (Trad. livre: E como Paul Ehrlich dizia, a descoberta científica depende do dinheiro, da paciência, do conhecimento e da sorte. Foi o último destes quatro elementos que foi praticamente o único responsável pela descoberta da penicilina. Este é certamente, em toda a história das ciências, o melhor exemplo do papel que pode ter o acaso no progresso do conhecimento.)

⁴⁶ Trad. livre: ... que sabia muito bem o que estava fazendo, e o que valia a pena descrever; e, ainda que fosse um acidente o fato de o bolor cujas propriedades antibióticas ele observava se ter mostrado ser não-tóxico, a existência de substâncias desse gênero eram esperadas, e ansiadas, há muito tempo.

Hoje sabemos que o *Penicillium* “estranhamente belo” era o mesmo de Fleming. Fica a pergunta, por que Tyndall deu tão pouca importância ao achado, Friedman e Friedland respondem:

“A razão é clara. Ele descobriu a propriedade antibacteriana do *Penicillium* sete anos antes de Robert Koch provar, em 1882, que as bactérias podiam causar doenças. Se Tyndall soubesse que a maior parte das doenças infecciosas era causada por bactéria ... teria revelado imediatamente suas observações aos amigos médicos. Sem saber que as bactérias causavam infecções, ele se contentou em limitar suas observações a algumas breves sentenças sepultadas num artigo de 74 páginas descrevendo a disposição das bactérias e de outras partículas na atmosfera” (*Ibid.*, p. 244).

Tyndal, a semelhança de Leeuwenhoek, fez uma mera descrição de um fato, por não ter em mente a teoria dos germes. Como dizia Pasteur “ o acaso só favorece os espíritos preparados”.

7.2. Publicação em estilo indutivo⁴⁷

Peter Medawar advertia que os artigos científicos não apenas escondem, mas falseiam ativamente a exposição do raciocínio implícito no trabalho que eles descrevem. Como sugere Medawar, confiar exclusivamente no relato público é distorcer nosso entendimento da ciência tal como de fato ela se produz. O esquema indutivista ingênuo é uma ficção filosófica e tende a ocultar a maleabilidade da natureza. Cada observação que efetuamos é tendenciosa. A imagem alardeada de um cientista, como uma pessoa objetiva e desapaixionada é falsa. As descobertas não brotam de observações simples. O que vemos é função do que vimos no passado (Medawar, 1993, p. 224-228).

⁴⁷ Trad. livre: A tendência para apresentar os resultados das pesquisas em biologia é o texto no estilo indutivo, o pesquisador tem de ater-se às observações reais e de precaver-se contra a teorização. Popper mostra a estrutura básica da publicação: 1) explica os preparativos para a nossa observação; 2) descrição pura, teoricamente não influenciada dos resultados experimentais; 3) relatório de repetição do experimento; 4) comparação com os resultados de outros anteriores; 5) sugestões para futura observações; 6) o texto termina, em breve epílogo com uma formulação de uma hipótese. Como podemos ver, a publicação de Fleming seguiu este esquema e omitiu no tópico 4

Popper aponta uma das razões para a impossibilidade de descobirmos os motivos, esperanças especulativas e antecipações nas publicações, por que ficaram na dependência da tradição oral dos biólogos. Popper em parte reponsabiliza os periódicos: “few biological journals would be prepared to accept a paper discussing such theoretical speculations, for they violate the accepted rules of the inductive style” (*R.A.Sc.*, p. 50)⁴⁸.

a descoberta da lisozima. Popper alerta que há uma certa tendência dos jovens biólogos que esta é a maneira adequada de apresentar resultados.

⁴⁸ (Trad. livre: Poucos periódicos de biologia estariam dispostos a aceitar tais especulações teóricas, pois essas violam a regra aceita do estilo indutivo).

8. OBJEÇÕES AO RACIONALISMO CRÍTICO

A filosofia cética de Popper a respeito da indução se origina de uma visão profundamente romântica e idealizada da ciência⁴⁹. Penso que o importante é explicar como a ciência é praticada, ao passo que Popper, tentava mostrar como se devia praticá-la. A idéia dele era de que ninguém consegue compreender o que é ciência sem ter uma idéia do que a ciência deve ser. Desta maneira fica claro que a maioria dos cientistas fica aquém do ideal popperiano. Popper sabia que os cientistas não são tão autocríticos como deveriam ser⁵⁰. Seria utopia exigir que o cientista especificasse com antecedência, sob que condições experimentais ele abandonaria as suas suposições mais básicas. Pela teoria popperiana a ciência estaria ligada negativamente com experiência.

Enumeraremos alguns pontos vulneráveis no esquema de Popper: origem da hipótese; concentrar-se na refutação; falsificação reduzida à lógica da investigação científica; excessiva ênfase no teste da falsificação.

Como vimos na descoberta da penicilina o cerne do problema estava na origem da hipótese, o que é negligenciado por Popper, provavelmente influenciado pelo dogma central do positivismo do século 20 de que a filosofia da ciência não pode dizer nada sobre a formação da hipótese. Da mesma forma, a teoria dos germes nos mostrou que de maneira alguma os cientistas biomédicos estavam preocupados em refutar hipóteses. A política popperiana, de concentrar-se na demolição de teorias, é negativa, mas não é a forma pela qual os mais importantes avanços são feitos. Os cientistas agem em suas pesquisas, sob a emoção de seguir o caminho da validação de suas proposições explicativas (Maturana, 2001, p. 44).

⁴⁹ Como salientou Lakatos (1978, p. 168) “... a filosofia da ciência funcionais mais como guia para o historiador do que para o cientista”.

⁵⁰ “Albert Einstein convenceu-se da extidão de suas teorias muito antes que fosse possível realizar qualquer teste experimental. Na verdade, às vezes ele externava a opinião de que, se um experimento parecesse contradizer os resultados a que havia chegado matematicamente, o experimento é que estaria errado” (Morris, 2001, p. 140).

Para Popper só é cientista de verdade aquele que aceita expor deliberadamente sua teoria à prova, procurando encontrar as condições de sua falsificação.

“Toda essa ênfase à evidência desfavorável, a tentativas de falsificação, se mostra em manifesta discrepância com a prática de pesquisa rotinizada na maioria das comunidades científicas. Só uma forma de convencionalismo epistemológico, tal qual o perfilhado por Popper, pode-se permitir avançar recomendações de prática de investigação em nítido descompasso com os tipos de ação intelectual maciçamente empregados pela maioria dos cientistas” (Oliva, 1995, p. 84).

Quanto a excessiva ênfase no teste da falsificação (as únicas hipóteses válidas são aquelas suscetíveis de teste e de possível refutação), fico com Deutsch (2000, p. 5) “ a esmagadora maioria das teorias é rejeitada porque contém explicações ruins, não porque falha nos testes experimentais. Nós as rejeitamos sem nunca nos incomodar-mos em testá-las”.

Popper considerava a crítica o cerne do empreendimento científico, e até o conflito, essencial para todo tipo de progresso, como salientou, em *Que é a dialética?* (C&R, p. 343-365):

- *criticar consiste invariavelmente em apontar contradições;*
- *a crítica é o motor principal de qualquer desenvolvimento intelectual.*

A procura de contradições tem como objetivo provocar uma maior evolução do pensamento (Albert, 1976, p. 58-63).

Segundo Popper, os cientistas se aproximam da verdade pelas conjeturas e refutações. O exemplo de Popper para a aproximação da verdade (verossimilhança) é o das teorias da física de Galileu, Newton e Einstein, a teoria deste teria uma maior aproximação da verdade. Por este ponto de vista, pode-se inferir que esta busca popperiana poderia esgotar o real e teríamos levado a uma metafísica da física. Chalmers (1993, p. 188-204) argumenta que esta visão do progresso da ciência de Popper é instrumentalista e “não se coaduna com suas aspirações realistas” e entra

em colisão com outra frase sua, a saber, “o que tentamos na ciência é descrever e (na medida do possível) explicar a realidade” (*Ibid.*).

Popper concorda com os positivistas lógicos que a teoria será considerada mais satisfatória (a teoria da verdade como correspondência corrobora esta idéia) quanto maior a severidade dos testes independentes que ela sobreviveu, mas ele insiste que a falsificação⁵¹ foi o único meio de finalmente eliminar uma teoria inválida.

A falsificabilidade (refutabilidade empírica) como critério de demarcação pertence ao domínio da lógica pura⁵², é uma relação lógica entre os enunciados básicos de uma teoria submetida a teste e os acontecimentos que ela pretende descrever, os potenciais falsificadores.

A explicação de Popper deixa de resolver o problema da qual parte: o problema da indução⁵³. Sua epistemologia centrada no lado negativo do conhecimento não nos mostra quando uma teoria está certa, desta maneira ele deixa de for a o que há de útil na ciência.

⁵¹ “Não existe propriamente falsificação de teorias; e essa negativa deriva-se não porque a falsificação de uma teoria T só se faz através da ajuda de outras teorias, T1, T2,...,Tn, de modo que o resultado previsto não ter sido obtido tanto pode representar, falha de T, como das auxiliares T1, T2,...,Tn, ou por outros argumentos usualmente discutidos. Não existe falsificação, isto sim, pelo simples motivo de que uma boa teoria não se falsifica propriamente, mas apenas se restringe, quando necessário, o seu domínio de aplicação. A lei de Boyle-Mariotte, a lei da gravitação de Newton, a mecânica clássica e a teoria de Maxwell comprovam nossa tese” (Da Costa, 1999, p. 165).

⁵² Mas uma teoria científica deve afirmar algo acerca do mundo, e não apenas acerca da necessidade lógica. Como afirmou David Deutsch (2000, p. 9) ao entendermos uma teoria é que percebemos a estrutura da realidade.

⁵³ Segundo Brandon (1996, p. 194) “... practicing scientists developed sophisticated techniques for distinguishing causal from noncausal associations and contemporary philosophers have made considerable advancements over Hume's analysis of causation as just regular association. Thus what counts as a causal pattern is not a complete mystery from either a practical scientific or philosophical point of view” (Trad. livre: ... cientistas experimentais desenvolveram sofisticadas técnicas para distinguir associações causais de não-causais e filósofos contemporâneos têm feito consideráveis avanços sobre a análise da causalidade de Hume como associação regular. Então o que conta como padrão causal não é um completo mistério do ponto de vista da prática científica ou filosófica.)

Ladyman (2002, p. 62-92) mostra alguns dos problemas do falsificacionismo: a) algumas partes legítimas da ciência parecem não ser falsificáveis – informes probabilísticos, informes existenciais (existência de buracos negros, átomos, DNA, vírus), princípios científicos (a gravidade de Newton) e a hipótese da seleção natural.

Logo ele não é, nos seus próprios termos, uma proposição científica, mas sim parte de um acordo filosófico - que podemos ou não aceitar - acerca do que deve ou não deve ser admitido como pertencente ao mundo da ciência. Uma filosofia da ciência, por mais austera e exigente que se proponha a ser, será sempre *filosofia* antes de ser *ciência*.

A própria refutabilidade é determinavelmente não empírica; não pertence à ciência, nem à filosofia, ou metaciência, e nem sequer se aplica a toda ciência. A refutabilidade é uma simples diretriz, uma norma prática, às vezes útil e às vezes não. Contudo, como foi visto na introdução, os biólogos gostavam de dizer que eram popperianos:

“When in the 1950s and 60s Popper was the great rage, every biologist I knew insisted that he was a Popperian, and then did whatever he wanted to do. Labels are sometimes politically convenient but they often mean nothing” (Mayr, 1997, p. 55).

(Trad, livre: Nos anos 50 e 60, quando Popper estava com grande aceitação, todo biólogo que eu conhecia insistia que ele era um Popperiano, e então fazia o que ele queria. Rótulos são algumas vezes politicamente convenientes mas frequentemente não significam nada.)

Para concluir a crítica a Popper, cito o editor emérito da revista *Nature*, John Maddox:

“Não há nenhuma razão pela qual Popper, que não era cientista, deva ditar o que pode e o que não pode ser feito na pesquisa científica; afinal, pode ser que *suas* hipóteses a respeito da natureza da ciência estejam erradas” (Maddox, 1999, p. 344, itálico do autor).

Como veremos a seguir Imre Lakatos (1922-1974) tentará aperfeiçoar o falsificacionismo popperiano, evitando alguns dos problemas enumerados.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na maior parte do século passado, filósofos da ciência têm focado o mais de suas atenções em teorias e desenvolvimentos nas ciências físicas. Em contraste, a biologia tem sido muito menos central. A explicação é a revolucionária mudança na física, especialmente a teoria da relatividade de Einstein.

No entanto, esta preocupação com a física teve um efeito deformador na filosofia da ciência. Uma tendência que foi assumida de que certas características das teorias físicas, tais como seu tratamento pela axiomatização matemática, são características das teorias científicas em geral. Por extensão, que teorias em outras áreas não partilham estes achados, assume-se que eles são incompletos ou deficientes e que eles necessitam ser desenvolvidos e ajustado ao modelo derivado da física.

A estrutura das teorias biológicas, os padrões de explanação biológica e o modo com que as teorias biológicas são testadas, não parecem adaptar-se ao modelo padrão das ciências físicas. Na física lidamos com sistemas extremamente simplificados: partículas, forças, leis, condições de contorno e condições iniciais, a partir das quais as consequências podem ser computadas. Kauffman (2000, p. 119-139) alerta que a forma com que Newton, Einstein e Bohr nos ensinaram a fazer ciência é incompleta.

A este respeito reproduzo o alerta de um dos fundadores da Mecânica Quântica, Prêmio Nobel de Física em 1935, Erwin Schrodinger (1997, p. 87):

“... a partir de tudo o que aprendemos sobre a estrutura da matéria viva, devemos estar preparados para descobrir que ela funciona de uma forma que não pode ser reduzida às leis comuns da física (...) sua construção é diferente de qualquer outra coisa que já tenhamos testado em um laboratório de física”.

A biologia, nos últimos 50 anos, foi uma área extremamente produtiva em pesquisas científicas, não deixando dúvida de que atingiu uma maturidade para questionamentos pondo

sofisticadas questões sobre fenômenos biológicos o que acarretaram em respostas sofisticadas e produtivas.

“Desde Darwin, passamos a acreditar que a seleção é a única fonte de ordem na biologia. Os organismos, passamos a acreditar, são “engenhocas”, casamentos *ad hoc* de princípios do projeto, acaso e necessidade. Considero esta visão inadequada. Darwin não conhecia o poder da auto-organização. (...) Mas Darwin também estava certo. A seleção natural encontra-se sempre em ação. (...) A história natural da vida é algum tipo de casamento entre auto-organização e seleção. Precisamos ver a vida de uma maneira nova e interpretar novas leis para seu desdobramento” (Kauffman, 1997, p. 132s).

Isto é uma razão adicional para a obtenção do modelo adequado, pelo menos como registro geral das ciências naturais.

“If biologists, physicists, and philosophers working together can construct a broad-based, unified science that incorporates both the living and the nonliving world, we will have a better base from which to build bridges to the humanities, and some hope of reducing this unfortunate rift in our culture. Paradoxical as it may seem, recognizing the autonomy of biology is the first step toward such a unification and reconciliation” (Mayr, 1988, p. 21).

(Trad. livre: Se biólogos, físicos e filósofos trabalharem juntos podem construir uma ciência unificada de ampla base que incorpore o mundo vivo e o não-vivo, nós teremos uma base melhor para construir pontes para as humanidades e alguma esperança de reduzir esta desafortunada brecha em nossa cultura. Paradoxalmente que possa parecer, reconhecer a autonomia da biologia é o primeiro passo na direção desta unificação e reconciliação.)

Como salientou Kauffman (2000, p. 245) nossas teorias da física (relatividade geral e mecânica quântica⁵⁴) e a biologia, um nível acima, permanecem separadas, mesmo sabendo que a evolução da biologia seja manifestamente um processo físico do universo:

“Physicists cannot escape this problem by saying, “Oh, that’s biology”(*Ibid.*)

⁵⁴ A unificação destas daria uma teoria quântica da gravidade (Smolin, 2002, p.5).

(Trad. livre: Os físicos não podem fugir deste problema dizendo “Oh, isto é biologia”).

Finalizo com uma frase do livro *Imaginations*, que Stuart Kauffman considera uma protociência séria (*Ibid.*, p. 265):

”We enter a new millenium. There will be time for new science to grow”.

(Trad. livre: Entramos em um novo milênio. Haverá tempo para crescer uma nova ciência).

10. ANEXO I

Tabela 1 - EVOLUÇÃO DA TEORIA DOS GERMES

Ano	Autor	Doença/teoria	Comentário
1530	Girolamo Fracastoro	Sífilis	Propõe uma teoria do contágio por germes.
1840	Jacob Henle	Contagiosa	Seria produzido por micorganismo.
1847	Ignaz Philipp Semmelweis	Febre puerperal	“Partículas cadavéricas invisíveis” transmitidas pelas mãos dos médicos dos cadáveres para as parturientes.
1864	Louis Pasteur	Geração espontânea	Refutação.
1877	Robert Koch	Postulados	Causação e doença
1878	Loius Pasteur	Teoria do germes	Um germe causa uma doença específica.
1881	Paul Ehrlich	Balas mágicas	Corantes poderiam atacar seletivamente os micróbios no corpo (*).
1884	Elie Metchnikoff	Fagocitose	Os glóbulos brancos engolem e destroem bactérias.

(*) O ataque seria específico, em alvos pré-estabelecidos, sem nada mais danificar no hospedeiro

Tabela 2 - EXPERIÊNCIAS (*) QUE ANTECEDERAM O USO DA PENICILINA

Ano	Autor	Doença/descoberta	Comentário
1676	Anton van Leeuwenhoek	Microscopia	Fundador da microscopia microbiana.
1798	Edward Jenner	Varíola	Desenvolve o processo de vacinação.
1835	Agostino Bassi	Bicho-da-seda	Etiologia bacteriana.
1836	Antoine Donné	Venérea	Associação com microrganismos.
1849	Félix Pouchet	Cólera	Vibrião nas fezes dos doentes.
1855	John Snow	Cólera	Transmitida pela água contaminada.
1857	Louis Pasteur	Fermentação láctica	Inicia a microbiologia.
1863	Louis Pasteur	Supuração	“Fermentos organizados”- microrganismos.
1865	Joseph Lister	Fenol	Desinfetante em cirurgia.
1874	Louis Pasteur	Esterilização	Colocação de instrumentos em água fervente.
1876	John Tyndall	<i>Penicillium</i>	Efeito bactericida
1882	Robert Koch	Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> .
1883	Robert Koch	Cólera	<i>Vibrio cholerae</i> .
1885	Louis Pasteur	Raiva	Desenvolve a vacina.
1890	Emi von Behring e Shibasobura Kitasato	Tétano e difteria	Soroterapia com toxinas específica.
1905	Fritz Schaudinn	Sífilis	<i>Treponema pallidum</i> .
1910	Paul Ehrlich	Sífilis	Salvarsan - início da quimioterapia.
1921	Alexander Fleming	Lisozima	Antimicrobiano natural das secreções.
1923	Albert Colmette e Camille Guérin	Tuberculose	Desenvolvem a vacina BCG.
1929	Alexander Fleming	Penicilina	Redescoberta.
1932	Gerhard Domagk	Prontosil	Invenção da sulfa.
1940	Howard Florey e Ernest Chain	Penicilina	Produção laboratorial.
1941	Florey E Chain	Penicilina	Sucesso terapêutico em animais e homem.

(*) Experiências: observações e experimentos.

TEORIA DA CÉLULA E DO GENE

Epistemologia evolucionária darwiniana refutando Thomas Kuhn

1665, Robert Hooke	<i>Micrografia</i> - célula (Lat., pequena câmara)
1676, van Leeuwenhoek	<i>Animalcula</i> - microcosmo (Rm)
1761, Battista Morgani	<i>De Sedibus</i> : causalidade - Doença no órgão
1802, Marie F. Xavier Bichat	<i>Traité des membranes</i> - Doença no tecido
1831, Robert Brown	Núcleo (Rm) (Lat. pequena noz)
1838, Matthias Schleiden	Célula: unidade básica vegetal
1839, Theodor Schwann	Célula: princípio universal
1858, Rudolf Virchow	<i>Cellularpathologie</i> (Rm) - Doença na célula
1865, Claude Bernard	<i>Medicina experimental</i>
1869, Friedrich Miescher	Ácido nucléico
1869, Gregor Mendel	Leis da hereditariedade
1882, Walther Flemming	Cromossomos, mitose
1944, Erwin Schrödinger	Gene - cristal aperiódico - código
1953, J. Watson & F. Crick	DNA - dupla hélice (RM)
1958, Jean Dausset	HLA RM) - Cada homem é único

RM: revolução maior; **Rm**: revolução menor

(Fonte: Harris, 1999).

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, H. *Tratado da razão crítica*. Trad. Idalina A. Silva, Erika Gudde e Maria J. P. Monteiro. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro; 1976, p. 58-63.
- Allen, B. What was epistemology? IN: Brandon, R.B. (Ed.). *Rorty and his critics*. Malden: Blackwell Pub.; 2001, chap. 10, p. 220-241.
- Apel, K.-O. *Teoria de la verdad y ética del discurso*. Trad. Norberto Smlig. Barcelona: Ed Paidós Ibérica; 1998.
- Babich, B.E. *Nietzsche's philosophy of science. Reflecting science on the ground of art and life*. Albany: State University of New York Press; 1994, p. 1-2.
- Beveridge, W.I.B. Métodos científicos. IN: *Sementes da descoberta científica*. Traduzido por S. R. Barreto. São Paulo: T. A. Queiroz-EDUSP; 1981, cap. 4, p. 55-68.
- Birch, B. *Alexander Fleming. The bacteriologist who discovered penicillin - the miracle drug that has saved millions of lives*. Watford: Exley Pub.; 1990.
- Brandon, R.N. Theory and experiment in evolutionary biology. In: --- *Concepts and methods in evolutionary biology*. Cambridge: Cambridge University Press; 1996, chap. 9, p. 147-160.
- Brandon, R.N. Reductionism versus holism versus mechanism. In: --- *Concepts and methods in evolutionary biology*. Cambridge: Cambridge University Press; 1996, chap. 11, p. 179-204.
- Brock, T.D. *Milestones in microbiology*. Madison: Prentice-Hall; 1996.
- Buck C. Popper's philosophy for epidemiologists. *International Journal of Epidemiology* 4: 159-168, 1975.
- Chalmers, A.F. Realismo, instrumentalismo e verdade. In: -- *O que é ciência afinal?* Trad. Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993, cap. 13, p. 188-204.
- Da Costa, N.C.A. *O conhecimento científico*. 2ª ed. São Paulo: Discurso Editorial; 1999.
- Davidson, D. The folly of trying to define truth. *The Journal of Philosophy* 43: 263-278, 1996.
- Davidson, D. Truth rehabilitated. In: Brandon, R.B. (Ed.). *Rorty and his critics*. Malden: Blackwell Pub.; 2001, chap. 3, p. 65-80.
- Deutsch, D. *A essência da realidade*. Trad. Brasil Ramos Fernandes. Makron Books: São Paulo; 2000.
- Dutra, L.H.A. Naturalismo, falibilismo e ceticismo. *Discurso* 29: 15-56, 1998.

Dutra, L.H.A. *Verdade e investigação. O problema da verdade na teoria do conhecimento*. São Paulo: E.P.U.; 2001.

Dyson, F. revoluções científicas. In: --- *O sol, o genoma e a internet. Ferramentas das revoluções científicas*. Trad. Otacílio Nunes Jr. São Paulo: Companhia das Letras; 2001, cap. 1, p. 19-62.

Fleck, L. *Genesis and development of a scientific fact*. Chicago: The University of Chicago Press; 1979.

Fleming, A. On the antibacterial action of cultures of a *Penicillium*, with special reference to their use in the isolation of *B. influenzae*. *Review of Infectious Diseases* 2: 129-139, 1980 (Reprinted from the *British Journal of Experimental Pathology* 10:226-236, 1929).

Friedman, M. & Friedland, G.W. Antony Leeuwenhoek e as bactérias. IN: *As dez maiores descobertas da medicina*. Trad. José Rubens Siqueira. São Paulo: Companhia das Letras; 2000, cap. 3, p. 63-101.

Friedman, M. & Friedland, G.W. Edward Jenner e a vacinação. IN: *As dez maiores descobertas da medicina*. Trad. José Rubens Siqueira. São Paulo: Companhia das Letras; 2000, cap. 4, p. 102-140.

Friedman, M. & Friedland, G.W. Alexander Fleming e os antibióticos. IN: *As dez maiores descobertas da medicina*. Trad. José Rubens Siqueira. São Paulo: Companhia das Letras; 2000, cap. 9, p. 243-276.

Gadamer, H.G. *Acotaciones hermenéuticas*. Trad. Ana Agud e Rafael de Agapito. Madri: Ed. Trotta; 2002.

Gower, B. *Scientifica methodo. An historical and philophysical introduction*. Londres: Routledge; 1997.

Haack, S. *Evidencia e investigación. Hacia la reconstrucción en epistemología*. Trad. Maria Ángeles M. García. Madrid: Ed. Tecnos; 1997.

Haack, S. *Filosofia das lógicas*. Trad. Cezar Augusto Mortinari e Luiz Henrique de Araújo Dutra. São Paulo; Ed. UNESP; 2002.

Hacking, I. A surrogate for truth. IN: *Representing and intervening. Introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press; 1983, chap. 8, p. 112-128.

Hacking, I. On the stability of the laboratory sciences. *The Journal of Philosophy* 85: 507-514, 1988.

Hacking, I. *Porque a linguagem interessa à filosofia*. São Paulo: Ed. UNESP/Cambridge; 1999.

Harris, H. Little animals. IN: *The birth of the cell*. New Haven: Yale University Press; 1999, chap. 6, p. 54-63.

Heidegger, M. Ciência e pensamento do sentido. In: *Ensaaios e conferências*. Trad. Emmanuel Carneiro Leão. Petropolis: Editora Vozes; 2001, p 39-60.

Hempel, C.G. *Filosofia da ciência natural*. Trad. Plínio Sussekind Rocha. Rio de Janeiro: Zahar Editores; 1974.

Hume, D. *Tratado da natureza humana. Uma tentativa de introduzir o método experimental de raciocínio nos assuntos morais*. Trad. de Deborah Danowski. São Paulo: Ed. Unesp; 2001.

James, W. *Pragmatismo e outros textos*. Os Pensadores. Trad. Jorge Caetano da Silva e Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Abril Cultural; 1979.

Japiassu, H. *Francis Bacon. O profeta da ciência moderna*. São Paulo: Ed. Letras & Livros; 1995.

Japiassu, H. *Introdução às ciências humanas. Análise de epistemologia histórica*. 3ª ed. São Paulo: Editora Letras & Letras; 2002, p. 109.

Kant, I. *Crítica da razão pura*. São Paulo: Abril Cultural, B 865.

Kauffman, S. A. *At home in the universe. The search for the laws of self-organization and complexity*. Oxford: Oxford University Press; 1995.

Kauffman, S. A. “O que é vida?”: Schrodinger estava certo? In: Murphy, M.P. & O’Neill, L.A.J., orgs.). “*O que é vida?*” 50 anos depois. *Especulações sobre o futuro da biologia*. Trad. Laura C. B. de Oliveira. São Paulo: UNESP/Cambridge; 1997.

Kauffman, S. A. Emergence and story: beyond Newton, Einstein, and Bohr? In:— *Investigations*. Oxford: Oxford University Press; 2000, chap. 6, p. 119-139.

Koyre, A. *Considerações sobre Descartes*. Lisboa: Ed. Presença; 1992.

Kuhn, S.T. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. Beatriz V. Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Ed. Perspectiva; 1987.

Ladyman, J. Falsificationism. IN: *Understanding philosophy of science*. London: Routledge; 2002, chap. 3, p. 62-92.

Lakatos, I. *Falsificação e metodologia dos programas de investigação científica*. Trad. Emília Picado Tavares Marinho Mendes. Lisboa: Edições 70; 1978.

Lakatos, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. IN: Lakatos, I. & Musgrave, A. (Org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. Trad. Octavio Mendes Cajado. São Paulo: Cultrix: Ed. USP; 1979, p. 109-243.

Luft, E. Fundamentação última é viável? In: Cirne-Lima, C & Almeida, C (Orgs.). *Nós e o absoluto. Festschrift em homenagem a Manfredo Araújo de Oliveira*. São Paulo: Ed. Loyola; 2001.

Maddox, J. *O que falta descobrir. Explorando os segredos do universo, as origens da vida e o futuro da espécie humana*. Rio de Janeiro: Campus; 1999.

Maturana, H. *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Org. e trad, Cristina Magro e Vistor Paredes. Belo Horizonte: Ed. UFMG; 2001.

Mayr, E. *Toward a new philosophy of biology. Observations of an evolutionist*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press; 1988.

Mayr, E. *This is biology. The science of the living world*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press; 1997.

Mayr, E. *O desenvolvimento do progresso biológico*. Trad. Ivo Martinazzo, Brasília: Ed. UnB; 1998.

Medawar, P. *La amenaza y la gloria. Reflexiones sobre la ciencia y los científicos*. Trad. Carlos Gardini, Barcelona: Gedisa Editorial; 1993.

Molina, J.A. Lakatos como filósofo da matemática. *Episteme* 13: 129-153, 2001.

Monod, J. *O caso e a necessidade. Ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna*. 3ª ed. Trad. Bruno Palma e Pedro Paulo S. Madureira. Petrópolis: Ed. Vozes; 1972.

Morris, R. Intuições de uma realidade mais profunda. In: — *O que sabemos sobre o universo. Realidade e imaginação científica*. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores; 2001, p. 138-159.

Musgrave, A. *Common sense, science and skepticism. A historical introduction to the theory of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press; 1993.

O'Hear, A. (Ed.). *Karl Popper: philosophy and problems*. Cambridge: Cambridge University Press; 1995.

Oliva, A. Popper da atitude crítica à sociedade aberta. IN: Pereira, J.C.R. (Org.). *Popper: as aventuras da racionalidade*. Porto Alegre: EDIPUCRS; 1995, p. 69-115.

Oliva, A. *Ciência e ideologia. Florestan Fernandes e a formação das ciências sociais no Brasil*. Porto Alegre: EDIPUCRS; 1997.

- Oliveira, M.A. *Sobre a fundamentação*. Porto Alegre: EDIPUCRS; 1997.
- Oliveira, B.J. *Francis Bacon e a fundamentação da ciência como tecnologia*. Belo Horizonte: Ed. UFMG; 2002.
- Papineau, D. Filosofia da ciência. In: Bunnin, N & Tsui-James, E.P. (Orgs.). *Compêndio de filosofia*. Trad. Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Ed. Loyola; 2002, cap. 9, p. 291-324.
- Penrose, R. *O grande, o pequeno e a mente humana*. Trad. Roberto Leal Ferreira. São Paulo: UNESP/Cambridge; 1998.
- Polkinghorne, J. *Além da ciência*. Trad. Jussara Di Lolli. Bauru: EDUSC, 2001.
- Perutz, M.F. Découvreur de la pénicilline. IN: *La science est-elle nécessaire? Essais sur la science e les scientifiques*. Trad. Jacques Guiod. Paris: Éd. Odile Jacob; 1991.
- Popper, K.R. *A lógica da pesquisa científica (L.P.Sc.)*. Trad. Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Ed. Cultrix: EDUSP; 1975.
- Popper, K.R. *Conjeturas e refutações (C&R)*. Trad. Sérgio Bath. Brasília: Ed. UnB; 1982.
- Popper, K.R. *A sociedade aberta e seus inimigos (S.A.I.)*. Trad. Milton Amado. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia: EDUSP; 1987.
- Popper, K.R. *El mito del marco común. En defensa de la ciencia y la racionalidad (MMC)*. Trad. de Marco Aurelio Galmarini. Barcelona: Paidós; 1997.
- Popper, K.R. *Los dos problemas fundamentales de la epistemología. Basado en manuscritos de los años 1930-1933 (PFE)*. Trad. de Maria Asuncion Albisu Aparicio. Madrid: Ed. Tecnos; 1998.
- Popper, K.R. *Conhecimento objetivo(CO)*. Trad. de Milton Amado. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; 1999.
- Popper, K. *Realisma and the aim of science (R.A.Sc.)*. London: Routledge; 2000.
- Putnam, H. The corroboration of theories. IN: Boyd, R; Gasper, P. & Trout, J.D. (Eds.). *The philosophy of science*. Cambridge: A Bradford Book, The MIT Press; 1992. chap. 6, p. 121-137.
- Quine, W. V. Cinco marcos do empiricismo. In: -- *Filosofia e linguagem*. Trad. João Sàágua. Porto: Edições Asa; 1995, cap, 1, p. 11-17.
- Reale G. & Antiseri D. *História da filosofia*. São Paulo: Paulus; 1990, vol. 2.

Regner, A.C.K.P. Feyerabend/Lakatos: “Adeus à razão” ou construção de uma nova racionalidade? IN: Portocarrero, V. (Org.). *Filosofia, história e sociologia das ciências. Abordagens contemporâneas*. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ; 1994, cap. 4, p. 103-131.

Roberts, R.M. *Descobertas acidentais em ciências*. Tradução André Oliveira Mattos. Campinas: Papirus; 1993.

Rossi, P. Bacon’s idea of science. IN: Peltonen, M (Ed.). *The Cambridge Companion to Bacon*. Cambridge: Cambridge University Press; 1996, p. 25-46.

Rossi, P. *Naufrágios sem espectador. A idéia de progresso*. Trad. de Alvaro Lorencini. Sao Paulo: Ed. UNESP; 2000.

Rossi, P. *O nascimento da ciência moderna na Europa*. Trad. Antonio Angonese. Bauru: EDUSC; 2001.

Schrödinger E. A vida se baseia nas leis da física? In: “*O que é vida?*” *O aspecto físico da célula viva*. Trad. Jesus de Paula Assis e Vera Y. K. de Paula Assis. São Paulo: UNESP/Cambridge; 1997, cap. 7, p. 87-95.

Smolin, L. *Três caminhos para a gravidade quântica*. Trad. Walter Junqueira Maciel. Rio de Janeiro: Rocco, 2002.

Smith, B.H. A virada cética: uma performance da contradição. In: --- *Crença e resistência. A dinâmica da controvérsia intelectual contemporânea*. Trad. Maria Elisa Marchini Sayeg. São Paulo: Editora UNESP; 2002, cap. 6, p. 181-211.

Stein, E. *Uma breve introdução a filosofia*. Ijuí: Ed. Unijuí; 2002.

Strawson, P.F. *Análise e metafísica. Uma introdução à filosofia*. Trad. Armando Moura de Oliveira. São Paulo: Discurso Editorial; 2002.

Urbach, P. Francis Bacon as a precursor to Popper. *British Journal of Philosophy of Science* 33: 113-132, 1982.

Zagorin, P. *Francis Bacon*. Princeton: Princeton University Press; 1998.

Wachtershauser, G. The uses of Karl Popper. IN: *Karl Popper: philosophy and problems*. O’Hear, A (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press; 1995, p. 177-189.

Williamson, T. *Knowledge and its limits*. Oxford: Oxford University Press; 2002.