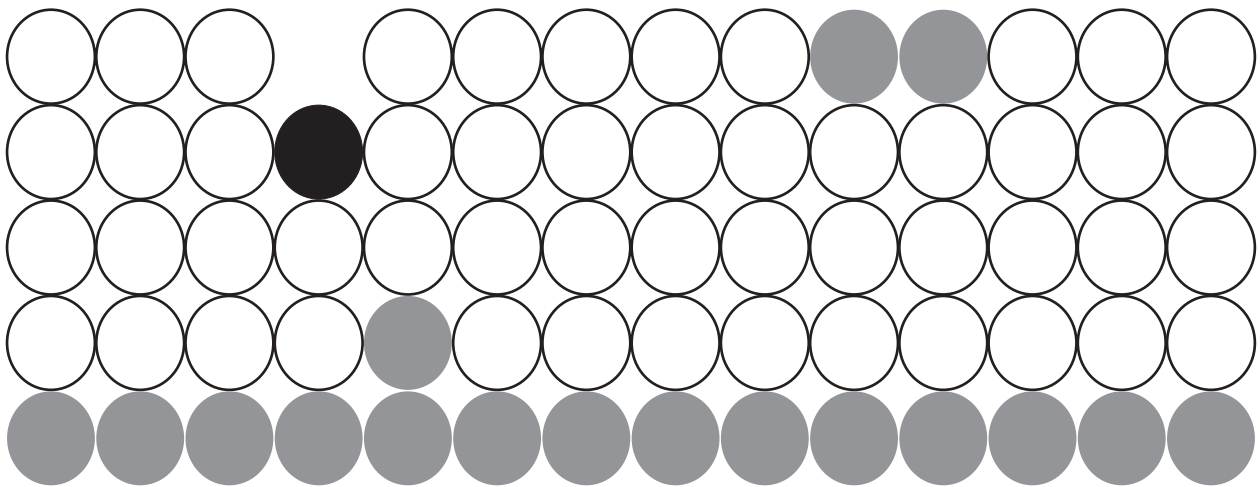


# TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

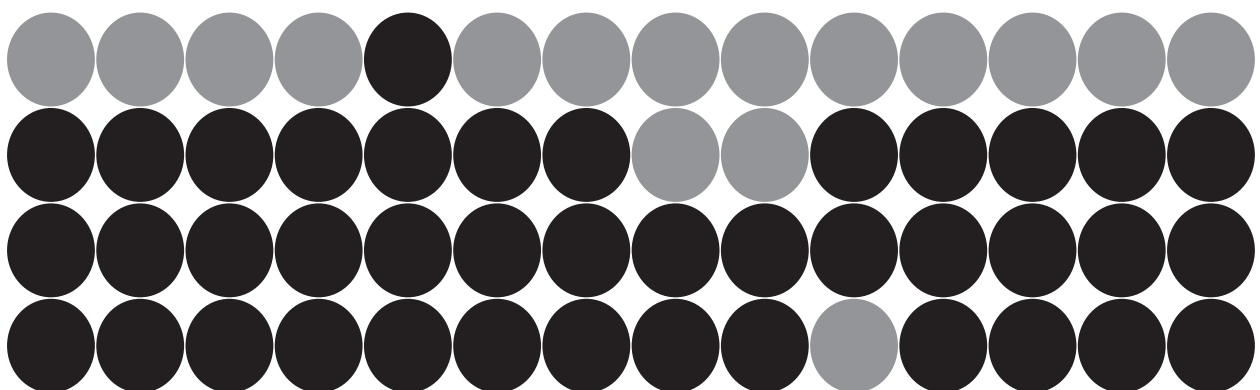
v.20 n.1 2009

ISSN 1807-2763



## UMA VISÃO HISTÓRICA DA CIÊNCIA COM ÊNFASE NA FÍSICA

Eduardo Alcides Peter  
Paulo Machado Mors



Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Textos de Apoio ao Professor de Física, v.20 n.1, 2009  
Instituto de Física – UFRGS  
Programa de Pós – Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Editores: Marco Antonio Moreira  
Eliane Angela Veit

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Professora Ruth de Souza Schneider  
Instituto de Física/UFRGS

P468v Peter, Eduardo Alcides  
Uma visão histórica da ciência com ênfase na Física /  
Eduardo Alcides Peter, Paulo Machado Mors – Porto Alegre:  
UFRGS, Instituto de Física, 2009.

53 p. (Textos de apoio ao professor de física / Marco  
Antonio Moreira, Eliane Angela Veit, ISSN 1807-2763; v. 20 , n.  
1)

Produto do trabalho de conclusão do Curso de Licenciatura  
em Física, do Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul.

1. Epistemologia 2. Filosofia da Ciência 3. Popper, Karl  
Raimund. 4. Kuhn, Thomas S. 5. Lakatos, Imre I. Mors, Paulo  
Machado II. Título III. Série.

PACS: 01.40.E

Impressão: Waldomiro da Silva Olivo  
Intercalação: João Batista C. da Silva

## APRESENTAÇÃO

Aristóteles foi o principal responsável pela separação das áreas do conhecimento e podemos atribuir a ele a primeira epistemologia com caráter científico. Devemos salientar que ela era muito ingênua e que muitos elementos da física de Aristóteles, que há muito tempo foram rechaçados, insistem em sobreviver nos ambientes escolares. Infelizmente, é amplamente divulgado que a ciência produz enunciados verdadeiros e infalíveis, os quais são adquiridos através da pura observação da natureza. Não restrita ao cotidiano, essa perspectiva positivista acerca da ciência contamina inclusive a academia. São expostas, neste trabalho, três epistemologias da ciência distintas, com a intenção de tornar claro ao leitor que a forma de se compreender a ciência proposta pelos positivistas fica aquém das expectativas exigidas por um público menos ingênuo. Este texto é resultado do Trabalho de Conclusão de Curso de Eduardo Alcides Peter junto ao Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e se destina principalmente aos professores de nível médio que, esperamos, possam, com sua leitura, transmitir aos seus alunos uma idéia mais completa do que é a ciência.

Porto Alegre, julho de 2009

Eduardo Alcides Peter

Paulo Machado Mors



**SUMÁRIO**

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>A FÍSICA ARISTOTÉLICA.....</b>	<b>9</b>
<b>O PENSAMENTO CARTESIANO.....</b>	<b>11</b>
<b>A INDUÇÃO É UM PROCESSO LEGÍTIMO?.....</b>	<b>13</b>
<b>O POSITIVISMO LÓGICO.....</b>	<b>15</b>
<b>A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA DE KARL POPPER.....</b>	<b>19</b>
<b>THOMAS KUHN: UMA NOVA EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA.....</b>	<b>27</b>
<b>IMRE LAKATOS: O DESENVOLVIMENTO DA EPISTEMOLOGIA DE KARL POPPER.....</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>



## INTRODUÇÃO

A epistemologia da ciência, ou filosofia da ciência, freqüentemente é tratada simplesmente como epistemologia. Isto é um equívoco histórico. *Epistemologia*, simplesmente, se refere à epistemologia analítica. A epistemologia analítica trata do conhecimento proposicional, bem como está baseada na lógica filosófica. A epistemologia da ciência se ocupa, evidentemente, com questões pertinentes à ciência. Quase toda a epistemologia tenta fazer uma descrição do que é a ciência e como ela funciona. A primeira epistemologia com caráter científico, de importância, surgiu com Aristóteles. Muito embora seja antiga, freqüentemente elementos dessa epistemologia são utilizados, principalmente no ensino de física, para descrever a ciência. Tais elementos são produto de um pensamento ingênuo, podendo levar a uma percepção estreita da ciência.

Basicamente, para Aristóteles a ciência seria baseada em observações. A partir dessas observações induziríamos leis ou enunciados universais. Uma vez obtidos esses enunciados ou leis, seria possível, de maneira dedutiva, explicar qualquer fato observado no mundo dos sentidos. Descartes fornece uma epistemologia alternativa, na qual a fonte do conhecimento científico não estaria nos dados empíricos e sim na intuição.

Hume atacou a indução como método para a produção do conhecimento científico, através de um argumento psicológico. Alguns filósofos contemporâneos mostraram que a indução não se sustenta logicamente, enquanto outros filósofos trataram de oferecer defesas ao indutivismo. Uma corrente filosófica relativamente recente (início do século XX), denominada positivismo lógico, defendeu a indução como método científico. Conforme os positivistas, as observações forneceriam a confirmação das teorias. Uma teoria estaria correta se suas predições estivessem de acordo com as observações. Esta visão, pela qual as observações confirmam a teoria, é amplamente divulgada no ensino de ciências. Neste trabalho é feita uma exposição do pensamento positivista. Não tivemos a preocupação em detalhar as distinções entre os diversos representantes dessa corrente. São oferecidas, aqui, três alternativas a essa forma de pensamento, muito mais sofisticadas e, sem dúvida, muito mais condizentes com aquilo que é entendido como ciência.

As três epistemologias alternativas escolhidas são a de Karl Popper, a de Thomas Kuhn e a de Imre Lakatos. O presente estudo, simplesmente, descreve cada uma dessas epistemologias, com um intuito bem claro: fazer com que o leitor perceba que a perspectiva positivista deve ser abandonada das instituições de ensino de ciências e, em especial, da física. Não é aceitável, nem desejável, supor que todo o conhecimento científico seja formado através de observações que o validem, nem que as leis da natureza sejam *descobertas* pelos cientistas.

A escolha destes epistemólogos tem seus motivos: os três foram, além de filósofos, físicos; os três são muito conceituados e conhecidos na literatura da área; os três viveram na mesma época,

possibilitando um diálogo direto, bem como possíveis revisões em seus trabalhos. Assim, nossa opção por apresentar o pensamento desses epistemólogos não foi feita ao acaso.



## A FÍSICA ARISTOTÉLICA

Aristóteles (384-332 a.C.) foi o responsável pela primeira epistemologia com caráter científico. Através dele iniciaram-se, de forma efetiva, as separações das áreas do conhecimento. Aristóteles foi um dos filósofos mais importantes de sua época, tendo sido discípulo de Platão (428-347 a.C.), outro grande filósofo. Muitos acreditam que Aristóteles teve seu trabalho altamente difundido no ocidente durante toda a Antiguidade e toda a Idade Média. Mas, segundo Martins (2001), os escritos aristotélicos não tiveram tanta importância durante aquele período. Na verdade, seus trabalhos foram esquecidos no ocidente e redescobertos no transcorrer da Idade Média, através da maior comunicação dos ocidentais com os árabes.

É importante citar a concepção aristotélica do movimento. Segundo Aristóteles, existiam dois tipos de movimento. O primeiro deles era o movimento natural, no qual um corpo seria levado a se mover em direção ao seu lugar natural. O lugar natural de todos os objetos pesados era a Terra, o centro do universo. O outro tipo de movimento era o movimento forçado. Aristóteles acreditava que, ao se lançar um projétil em uma trajetória não vertical, ele adquiriria velocidade em razão de uma força constantemente aplicada sobre ele. Para Aristóteles, o movimento do projétil deslocaria o ar de forma que, ao ocupar novamente o seu lugar (atrás do projétil) a parcela de ar deslocado exerceria uma força que impulsionaria o projétil. Esta idéia, aliada à crença na inexistência do vácuo, está diretamente relacionada à concepção de finitude do universo. Se a força, causa da velocidade, é resultado da ação do ar, então não poderia existir força no vácuo, o que impediria um corpo de se propagar até o infinito. Na verdade, Aristóteles não admitia a existência do vácuo e, para ele, o universo era finito.

Entretanto, o que devemos enfatizar sobre Aristóteles é o método utilizado para se fazer física, para construir o conhecimento científico, altamente empírico. Ele propôs o *método indutivo-dedutivo* [brevemente descrito por Chalmers (1993)]. Explicitando, em alguns pontos-chave:

- Fatos, ou eventos singulares, são *observados* e, através desses fatos, são feitas *afirmações* ou *enunciados singulares*.

O termo *observados* não indica, necessariamente, eventos percebidos através da visão; eles podem ser percebidos por outros sentidos, mas, de qualquer forma, é algo proveniente do mundo sensível.

Os *enunciados singulares* são afirmações sobre os fatos, ou eventos singulares. Por exemplo: o fato constitui-se na queda de um giz, no momento em que o professor o solta de uma altura específica. O enunciado ou a afirmação singular sobre o fato deve ser algo do tipo: *O giz cai quando solto de uma altura específica em relação ao solo*.

- Através desses fatos observados se constroem *leis e enunciados universais* através de um *processo lógico indutivo*.

*Leis e enunciados universais* são generalizações para afirmações baseadas em eventos singulares que compartilham características semelhantes. As leis são feitas quando algo se repete nas observações. De novo temos o exemplo do giz. Se o professor soltasse o giz mil vezes e o giz caísse nas mil vezes, isso seria motivo suficiente para Aristóteles estabelecer a lei: *Todo o giz solto de uma altura específica em relação ao solo cai*.

O *processo indutivo* é aquele que leva dos eventos singulares às leis, às generalizações. Se eu soltar um giz uma porção de vezes de uma altura específica em relação ao solo e ele cair todas as vezes e afirmar que toda vez que o giz é solto ele cai, estarei generalizando a porção de eventos singulares que eu observei e, mais além, estarei fazendo isso de forma indutiva.

- Quando se observa os fatos novamente, eles são explicados (e previstos) através de um *processo lógico dedutivo* com base nas leis construídas pela indução. Se as previsões se concretizam, então, para Aristóteles, são *provas* da veracidade da teoria.

O *processo dedutivo* é aquele que logicamente é seguro. Uma das mais importantes características da dedução é a transmissão da verdade, ou seja, se temos premissas verdadeiras, elas só podem produzir como conclusão uma verdade. O processo dedutivo, em geral, é utilizado a partir de um conjunto de crenças, produzindo outra crença.

Vemos então, claramente, que no processo da construção do conhecimento, para Aristóteles, estão presentes a indução e a dedução. Por este motivo, o processo recebe o nome de processo indutivo-dedutivo. Segundo Popov (1947), para Aristóteles a indução é necessária e só através dela podemos chegar a um enunciado universal. Esse autor destaca que Aristóteles considera a indução um processo imperfeito e que demanda cuidado.

Para Aristóteles, o conhecimento científico é demonstrável, ou seja, um enunciado científico quando defrontado com a realidade pode ser verificado. O enunciado é, portanto, ou verdadeiro ou falso. Segundo Peluso (1995), para Aristóteles os enunciados obtidos pelo processo indutivo seriam as premissas básicas da construção do conhecimento científico. A partir desses enunciados seria possível deduzir e explicar todos os fatos.

As idéias de Aristóteles, conforme Martins (2001), não tiveram aceitação geral durante a maior parte da antiguidade e da idade média. Entretanto, segundo Silveira e Ostermann (2002) o seu pensamento indutivista-dedutivista estabeleceu-se, hegemonicamente, como o método da ciência apenas com Francis Bacon (1561-1626), defensor da verificação experimental dos enunciados.

## O PENSAMENTO CARTESIANO

René Descartes (1596-1650) foi um grande filósofo e matemático. É considerado um dos pensadores mais importantes do Ocidente. Combateu o empirismo de sua época. Em sua obra *Meditações* tentou mostrar que não podemos confiar nos nossos sentidos, que são a principal fonte de conhecimento para os empiristas. Em sua primeira meditação, Descartes (1647) afirma que nem sempre aquilo que acreditamos ser uma verdade assegurada é uma verdade. Muitas das coisas provenientes dos nossos sentidos podem ser falsas. Nossos sentidos freqüentemente falham, nos levando a tomar falsidades como verdades asseguradas. Descartes apresenta-se, inicialmente, como um grande cético, pondo todo o conhecimento humano em dúvida e se perguntando se é possível, então, conhecer algo proveniente dos sentidos, bem como da memória (devemos lembrar que o empirismo, como corrente filosófica propriamente dita, surgiu décadas mais tarde).

Ainda na obra *Meditações*, Descartes afirma que existe um ser, extremamente poderoso. Alguém tão poderoso não poderia ter o interesse de enganar os seres humanos, pois do contrário seria imperfeito. Desse modo ele abandona o ceticismo. A crença nesse ser extremamente poderoso é *sustentada* por dois argumentos. Um deles leva à conclusão de que por termos a idéia de perfeição, deve existir um ser perfeito. O outro tem como conclusão que deve existir um ser capaz de ter criado tudo e a ele mesmo, ou seja, Deus.

Descartes acreditava que julgamentos sólidos e verdadeiros, tais como certeza e indubitabilidade, só poderiam ser obtidos através da intuição e da dedução. Mas, para se obter as certezas e o conhecimento, seria necessário um método. A investigação metodológica se iniciaria com uma questão. Essa questão, em geral, é complexa, cheia de pressupostos. Deveria ser, portanto, dividida em várias questões simples. Isso seria feito até se obter uma intuição, que seria certa e indubitável (auto-evidente). A intuição é postulada como sendo algo inato a todos os seres humanos. Uma vez tendo essa intuição, se iniciaria um processo de construção, visando responder à questão original. Até então, para Descartes, não haveria influência direta da observação para a construção do conhecimento e da ciência. Essa nova ciência (proposta por Descartes) é totalmente desligada da ciência baseada na percepção. Por esse motivo, as palavras deveriam ser muito bem definidas para não serem mal-entendidas. A matemática é estabelecida como a linguagem natural do universo.

A construção seria dada através da lógica, ou melhor, da dedução lógica e da matemática. Deduzindo enunciados da intuição inicial, tentar-se-ia responder a todas as questões propostas. O processo dedutivo seria responsável por preservar a certeza da intuição. Para Descartes, se as questões forem respondidas não haverá dúvida que teremos, então, conhecimento. A natureza seria um mecanismo (os animais seriam máquinas, assim como os seres humanos). Uma das premissas fundamentais utilizadas por Descartes é que a fonte do conhecimento estaria na intuição humana e não no mundo sensível. Evidentemente, como afirma Garber (1988), tal pensamento é

demasiadamente ingênuo. Como saber que uma intuição é *auto-evidente* (é tida imediatamente como verdadeira)? Ou ainda, como saber que ela é verdadeira? Como podemos tornar uma questão mais simples? Quão simples as questões devem ser? As questões não são originadas a partir do mundo sensível? Por quantos caminhos distintos pode ser dada a construção do conhecimento? A escolha pelo caminho não poderia ser arbitrária? Ao que tudo indica, estas interrogações trariam dificuldades ao pensamento cartesiano.

Segundo Garber (1988), o pensamento de Descartes conta com a hipótese dos cientistas possuírem, na razão, cadeias causais exemplificadas em conexões causais encontradas na natureza. Há quase que uma identidade entre a estrutura do pensamento dos indivíduos e a estrutura da natureza, podendo ser o caso de algum evento ocorrido na natureza fugir da compreensão humana. Devemos lembrar que todo o conhecimento, para Descartes, está inter-relacionado. A hierarquia do conhecimento científico pode ser entendida como uma árvore. As raízes seriam as intuições e a metafísica, a verdadeira e primeira filosofia. A metafísica e as intuições forneceriam a fundamentação, ou os princípios, para o tronco, que é a física. E a física sustentaria as demais ciências. Portanto, para Descartes a física é a ciência geral da natureza. A física forneceria princípios para outras ciências particulares. Os frutos da árvore seriam as ciências mais específicas, as que são utilizadas no dia-a-dia. Atualmente o pensamento cartesiano é interpretado, também, como um prédio. Deve-se deixar claro que, para Descartes, a verdade sobre a causa dos fenômenos está além do escopo do conhecimento humano.

Para Hatfield (1988), o método cartesiano é composto de várias regras (não é objetivo nosso descrevê-las aqui). A experiência poderia originar intuições, desde que o objeto da intuição seja de *natureza pura e simples*. Evidentemente, a simplicidade e pureza da natureza do objeto é algo duvidoso. O que, na experiência, é de natureza pura e simples? Essa é uma questão que não é bem respondida por Descartes.

A maior aspiração de Descartes era conectar todas as ciências, através da lógica, contando com a luz da natureza e da razão, de forma que nenhum ser racional pudesse duvidar delas.

## A INDUÇÃO É UM PROCESSO LEGÍTIMO?

Devemos nos perguntar: será que a indução é um processo legítimo? Ou seja, será que um enunciado universal, que teve como origem uma indução, é confiável?

Chalmers acredita que a indução tem um apelo muito forte junto às pessoas (devemos incluir, às pessoas, os estudantes de qualquer nível). A *constatação* de um enunciado pode ser apreciada por todos que possuem bom aparato sensório, e suas explicações parecem ser bastante convincentes. Conforme Chalmers (1993) a *ciência* produzida por processos indutivos, com base nas observações, parece ter conteúdo estritamente objetivo. Um exemplo de uso do princípio indutivista característico de uma *ciência* que adota o indutivismo ingênuo (que tem como base as observações), é o seguinte, descrito por Chalmers:

*Se um grande número de As foi observado sob uma ampla variedade de condições, e se todos esses As observados possuíam, sem exceção, a propriedade B, então todos os As possuem a propriedade B.*

É importante notar que A e B podem ser eventos e características, respectivamente, os mais gerais possíveis, desde que sejam perceptíveis. E que isso vale enquanto não for observado um A que não possua a característica B. Afirmar que todos os As possuem a propriedade B é um enunciado universal, ou uma lei. A proposta de introduzir uma grande variedade de condições é tentadora e tenta amenizar um problema que veremos em seguida, nesse tipo de inferência (inferir algo é chegar a uma conclusão por um processo lógico, seja ele a indução, dedução ou abdução). Os indutivistas afirmavam que bons argumentos indutivos precisam levar em conta um grande número de eventos singulares (um grande número de As) e, durante as observações, não pode ocorrer algum caso em que um dos eventos não esteja enquadrado na afirmação universal. Ou seja, tendo a afirmação de que todos os As possuem a propriedade B, não é o caso que se tenha observado um A que não possuía a característica B.

O primeiro problema sério envolvido nos argumentos indutivos é a sua fragilidade, do ponto de vista lógico. Entre outras características, a indução pode não transmitir a verdade (ela pode fazê-lo apenas em casos muito específicos, que não vale a pena comentarmos aqui), em termos técnicos: a indução não é uma inferência lógica demonstrativa. Ou seja, em geral, mesmo que seja verdade que um grande número de As possuem uma característica específica B, pode ser o caso que um desses As,  $A_{12}$ , por exemplo, não possua a característica B. Sabemos que **muitos** As possuem tal característica, mas não que **todos** os As a possuem. Mesmo assim, os indutivistas afirmavam que se muitos As possuem a característica B (e nunca tendo sido visto um A que não a possuísse), então todos os As a possuem. Segundo Silveira (1996a), nada impede que amanhã seja observado um A que não possua a característica B. Isso faz parte dos princípios lógicos envolvidos na indução. Embora tenhamos em um argumento dedutivo que, se as premissas (componentes de um

argumento, anteriores à conclusão) forem verdadeiras, então a conclusão também será verdadeira, no argumento indutivo esse pode não ser o caso.

O segundo problema sério do indutivismo é que os argumentos indutivos se sustentam apenas com argumentos indutivos. Mas, se estamos pondo em cheque os argumentos indutivos, como podemos defendê-los com argumentos também indutivos? Não entraremos em detalhes, mas o que devemos entender é que o indutivismo não se sustenta do ponto de vista lógico. Conforme Feldman (2003), a indução pressupõe, quase sempre, um princípio do tipo *passado-para-o-futuro*. Em tal princípio há a afirmação de que, basicamente, o futuro será como o passado.

Como bem expressa Chalmers (1993), quantas vezes temos que observar A para que possamos fazer um bom argumento indutivo? Ou, sob quantas condições distintas temos que observá-lo? Quão diferentes devem ser as condições? Existe uma resposta para essas questões? Em alguns poucos casos sim, mas no caso da ciência (e, mais especificamente, da física) não temos boas respostas para essas perguntas. Deste modo, se somos seres racionais, então devemos oferecer grande resistência em aceitar um raciocínio indutivo.

Outro problema é sobre a questão da objetividade da ciência: quando observamos um evento, será que já não estamos repletos de pressupostos e preconceitos? Será que a crença em uma teoria não faz com que o sujeito interprete os fatos de forma diferente? Quando fazemos um experimento, será que não estamos observando somente aquilo que queremos observar?

Existem algumas defesas do indutivismo. Uma delas é tratada por Feldman (2003). É uma defesa pragmática. Mas não nos deteremos aqui em detalhes dessa argumentação.

## O POSITIVISMO LÓGICO

O positivismo lógico foi uma corrente muito forte no ocidente, especialmente nas primeiras décadas do século XX. De acordo com Demos (1953), a sedução do positivismo está contida na sua clareza, que é algo demandado pelos seres humanos e dentro do positivismo lógico, para ele, as regras do procedimento científico são muito claras e bem definidas.

Não trataremos, especificamente, de um representante dessa corrente. Trataremos dela de forma geral, destacando idéias comuns aos seus defensores.

Provavelmente uma leitura geral sobre essa corrente produza pequenas distorções sobre pontos de vista específicos de cada representante dela; entretanto, devido ao tamanho do trabalho, devemos ser sintéticos.

Conforme Blumberg e Feigl (1931) o positivismo atraiu muitos filósofos, lógicos e cientistas. Entre os filósofos mais ilustres estavam Ernst Mach e M. Schlick (representando o círculo de Viena), Reichenbach, Otto Neurath e Rudolf Carnap (círculo de Berlim) e L. Wittgenstein. Alguns filósofos americanos também tiveram publicações de importância, entre eles P. W. Bridgman e C. I. Lewis. Feigl e Blumberg afirmaram que a tradição empírica de Hume sustentava que todo o conhecimento estava baseado na experiência. O positivismo lógico mantém a importância da experiência, mas enfatiza que não existem verdades *a priori*. Fatores lógicos, bem como os empíricos, não podem ser negligenciados dentro do positivismo lógico. Qualquer metafísica, que não pode ser observada ou sentida, é duramente rejeitada.

Ginsburg (1932, p. 122, tradução livre) afirma que *a característica mais importante desse novo (à época) movimento é a reabilitação de repúdio à metafísica adotando a posição logicista de Bertrand Russell e Wittgenstein*. Segundo ele, isso rejeita qualquer atitude metafísica na ciência para se obter proposições com *conteúdo* real. Note-se que a suposição dos positivistas era que os processos lógicos dedutivos não poderiam produzir erro, de forma alguma. Os processos seriam seguros e infalíveis.

Uma proposição simples é a menor porção do discurso que faz sentido, sendo verdadeira ou falsa. Um exemplo de proposição simples é: está chovendo aqui, agora. Ou isso é uma verdade ou uma falsidade, diante dos fatos. Podemos confrontar essa proposição com a realidade e apreender seu valor de verdade. Uma proposição destituída de sentido poderia ser: Deus existe. Segundo os positivistas não há como verificar essa informação. Ela não é falsa nem verdadeira e, por isso, não tem sentido. Segundo Neurath (1946), Carnap trouxe uma grande contribuição ao grupo afirmando que devemos eliminar as contradições entre as proposições e também as sem sentido. Neurath acreditava em uma ciência unificada, com uma linguagem comum e sem contradições entre suas áreas.

Para os positivistas, a ciência é um conjunto de proposições, simples ou complexas, com algumas características. As proposições complexas podem ser decompostas em proposições simples. E sempre poderemos confrontar essas proposições simples com a realidade. Em outras palavras, todos os enunciados e proposições da ciência são testáveis, verificáveis, possuindo, assim, sentido. Muitas vezes, pode ser o caso que momentaneamente não possam ser verificáveis por falta de tecnologia, entretanto, sua estrutura indica que sua verificabilidade é possível. Isso cria uma relativa independência entre cada enunciado ou proposição, pois seu valor de verdade não depende de outros enunciados. Nesse sentido, para os positivistas a ciência tem um caráter de veras empírico. Esse tipo de pensamento é denominado de atomista. Assim como um átomo de matéria, as proposições são as menores partes do discurso e elas são verdadeiras ou falsas.

O método científico, para os positivistas, era a indução. Através da observação de fatos semelhantes se induziriam leis ou enunciados universais. A partir dos enunciados universais podemos, de forma dedutiva, inferir enunciados menos universais ou específicos. Todos eles, igualmente, são verificáveis. Entretanto, a indução é um método que já foi criticado por Hume, muito tempo antes do surgimento do círculo de Viena. Mas, durante a história surgiram modificações no princípio da indução, tentando contornar o problema de Hume. Segundo Blumberg e Feigl (1931), Reichenbach importou para a epistemologia o conceito de probabilidade. A indução seria uma implicação com certa probabilidade. Deste modo, ele se livraria de uma afirmação de certeza produzida pela indução, fugindo do problema de Hume.

O método era o critério de demarcação entre ciência e pseudociência. A ciência possui o método indutivo, que produz enunciados universais ou leis que constituem teorias. Cada enunciado universal pode ser verificado por experimentos. Se a predição do enunciado se concretizar no experimento, o enunciado está provado, verificado. A pseudociência possui aquilo que foi chamado de método especulativo. Como diz o nome, é o método baseado na especulação, naquilo que se acredita ser. Enunciados da pseudociência não podem ser confrontados com a realidade, não possuindo sentido. A pseudociência é baseada na metafísica e não temos como verificar nenhuma asserção provinda da metafísica. Enunciados como: *Deus existe*, não faziam o menor sentido para os positivistas lógicos.

Werkmeister (1937) tenta sintetizar o positivismo lógico em sete teses:

- 1- *Conhecimento é conhecimento por causa da sua forma;*
- 2- *A proposição tem significado apenas porque pode ser verificada;*
- 3- *Existe apenas conhecimento empírico, e ele depende apenas dos dados;*
- 4- *As proposições alegadas pela metafísica são inteiramente destituídas de sentido;*
- 5- *Todos os campos (de inquérito, da ciência) são, no entanto, partes de uma ciência unitária: a física;*
- 6- *As proposições da lógica são tautologias (verdades necessárias);*



*7- A matemática não é nada senão a lógica.*

Em um artigo, Werkmeister combate cada uma dessas teses. Não temos o intuito, nessa seção, de criticar o positivismo. Apenas queremos apresentá-lo.

Em poucas palavras, o positivismo lógico é uma corrente que defende o indutivismo para a formação de enunciados universais; a indução é o método científico, altamente empírico. A partir dos enunciados universais podem-se deduzir enunciados menos universais ou específicos. Todos eles serão verificáveis. Para o positivismo lógico, nenhum enunciado pode entrar em contradição com outro enunciado; se isso ocorrer, ambos necessitam ser verificados. Aquele que concordar com a observação é o escolhido. Qualquer afirmação metafísica é destituída de sentido por não ser verificável.

Tendo visto os aspectos gerais do positivismo lógico, podemos passar para a próxima seção, que trata da epistemologia de Karl Popper.



## A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA DE KARL POPPER

O filósofo austríaco Karl Raimund Popper (1902-1994) é um dos maiores epistemólogos da ciência do século XX. É conhecido por atacar severamente o indutivismo ingênuo. Para ele, a observação jamais é isenta de pressupostos, pois sempre temos expectativas quanto ao que vamos observar. Estamos sempre fazendo recortes da realidade, observando apenas uma parte daquilo que nos está disponível. Além disso, como vimos anteriormente, na seção *A indução é um processo legítimo?*, a indução é um processo muito pouco confiável.

Não é de hoje que é sabido que a indução possui fragilidades. O problema da indução foi abordado, pela primeira vez, pelo filósofo David Hume. A sua resolução para o problema se constituía em um argumento psicológico. Ele afirmava que fazemos induções porque, simplesmente, estamos habituados a fazê-las. Não há um motivo lógico que explique nossa propensão a fazer induções. Não temos nenhuma outra razão além do costume. Faremos, então, uma citação do próprio Hume (1962) sobre a indução (tradução livre):

*[...] todas as nossas conclusões experimentais procedem da suposição de que o futuro será conforme o passado. Procurar, então, a prova dessa última suposição através de argumentos prováveis, ou argumentos com respeito à existência, deve ser, evidentemente, entrar em um círculo e admitir isso, o que é o mesmo ponto em questão.*

Em outras palavras, ele afirma que a indução não tem qualquer sustentabilidade lógica, diferentemente dos indutivistas ingênuos, que acreditavam que as *verificações* de enunciados universais produzidos por induções serviriam como provas dos enunciados. Para Hume, as *verificações* não eram prova de nada. Segundo Popper, o argumento psicológico de Hume, apesar de ter uma conclusão correta, não era suficientemente convincente. Popper mostrou com argumentos lógicos que a indução não poderia provar nada. Mesmo se muitos fatos forem compatíveis com um enunciado universal (ou, em um caso mais geral, com uma teoria), não podemos afirmar que o enunciado é verdadeiro, pois jamais teremos acesso a todos os fatos e, ainda se isso fosse possível, disto não poderíamos ter conhecimento. Para ele, quando um fato corresponde a uma teoria, a teoria está sendo *corroborada* pelo fato e não provada. Uma teoria não se estabelece e se desenvolve por acúmulo de *corroborações*. *Corroborar* seria algo inferior a provar. A prova seria definitiva, a *corroboração* não. Com isso, segundo Peluso (1995), o filósofo austríaco refuta a indução como método para o conhecimento científico.

Podemos formular um exemplo a fim de facilitar a compreensão: Imagine um saco de estopa com 50 kg de feijão. João foi incumbido de analisar o saco, grão por grão, e dizer que tipo(s) de feijão(ões) existe(m) no saco. Foi um pedido do rei. João não sabia a procedência do saco e, desta forma, analisou um, dois, três... mil grãos. Todos eles eram pretos. Acreditando ser uma terrível perda de tempo continuar a análise, João, que analisou mil grãos, um por um, induz que:

- Todos os grãos do saco são de feijão preto.

João não viu nenhum grão de outra cor no saco. Aparentemente, para um indutivista, seu argumento é forte. Porém João não se sente confortável para afirmar para o rei que o saco possui apenas grãos pretos. O seu conforto poderia vir com mais uma observação. João tira mais um grão do saco. Ele também é preto. Será que isso confirma o seu enunciado de que todos os grãos do saco são de feijão preto? Existem, pelo menos, dezenas de milhares de grãos no saco. Induzir sobre mil grãos, apenas, é satisfatório?

Aqui está uma das diferenças entre Popper e os positivistas. Para os positivistas, de modo geral, esse argumento indutivo é forte e a observação final feita por João foi uma confirmação do seu enunciado. Popper jamais aceitaria isso. Para ele, mesmo se o saco tivesse 50 mil grãos e se João tivesse visto 49999 grãos, todos eles pretos, nada garantiria que o de número 50 mil seria preto. Ou seja, com 49999 grãos eu não posso provar a cor do de número 50 mil. A mesma coisa ocorre na física. Não importa quantas corroborações uma teoria tenha, ela jamais terá uma prova de que é verdadeira. O número de eventos singulares e/ou observações em uma ciência como a física é infinito, portanto é insustentável a idéia de que possamos provar algo originado pela indução.

Apesar de ter combatido a indução, Popper acreditava no poder da dedução lógica, assim como os positivistas. É como se a lógica dedutiva fosse seu refúgio. A dedução lógica, para ele, é transmissora da verdade, retransmissora da falsidade e não-retransmissora da verdade. Essas características são fundamentais para entender o seu pensamento.

Conforme Popper (1983), *as teorias científicas não são simplesmente resultados da observação*. A observação estaria contaminada por teorias e pressupostos. Uma pergunta imediata, que nos cabe fazer, é: qual a importância da observação, então?

Para responder essa questão, inevitavelmente teremos que nos aprofundar mais na visão científica popperiana. A indução, como método científico, foi refutada por ele. Então de que forma o cientista, o físico, chega às leis? Segundo Silveira (1996a), para Popper não importa como ele chegou a elas, o que importa é se elas podem ser falseadas. Ou seja, uma teoria é científica se ela pode ser falseada. Para Peluso (1995), a ciência, na verdade, é hipotética-dedutiva. Ou seja, a ciência parte de hipóteses principais e através delas se deduz todo o resto. Uma hipótese é uma construção racional feita com a intenção de representar a realidade, mas que depende de como pensamos. Nesse sentido Popper é um racionalista, pois, muito embora as teorias tenham como pilar as hipóteses, aquelas podem ser falseadas. Isto quer dizer que temos que defrontar as teorias com a realidade, em busca do seu falseamento.

Quando defrontamos a teoria com a realidade (a lei da gravitação universal, por exemplo, percebendo que os corpos são atraídos para o centro da Terra), através de uma observação, e o resultado obtido for o esperado pela teoria, isso não quer dizer que a teoria esteja provada. No vocabulário de Popper a teoria estaria sendo apenas *corroborada* pela observação, ou seja, tal

observação não foi contrária à predição teórica. Mais uma vez, isso não indica que a teoria esteja provada.

Aqui surge um novo *separador de águas* entre aquilo que é ciência e aquilo que não é ciência. Posto de outra forma, o critério de demarcação entre ciência e não ciência é distinto para Popper, em comparação com os positivistas. Esse critério é a falseabilidade. Diferentemente dos positivistas, Popper não acredita que a verificabilidade de uma teoria seja o critério de demarcação, pois para ele não há como provar que uma teoria é verdadeira. Mesmo se uma teoria fosse verdadeira, a característica de não-retransmissão da verdade não nos permitiria saber se ela, a teoria, é verdadeira. Essa é uma consequência muito importante da epistemologia proposta pelo filósofo austríaco. Para Popper, uma teoria é científica quando ela é falseável (e não verificável). Silveira (1996a) afirma que uma teoria é falseável quando proíbe um fato, ou quando existe um falseador potencial. Por exemplo: a teoria eletromagnética, embasada nas leis de Maxwell, proíbe a existência de monopólos magnéticos. A teoria eletromagnética não deve ser, de forma necessária, revista caso algum dia sejam observados monopólos magnéticos.

Se a conclusão de que não existem monopólos magnéticos for falsa, ou a teoria eletromagnética é falsa, ou o experimento no qual foram observados monopólos magnéticos produziu um enunciado singular falso, ou algum outro fator relevante provocou uma falsidade nas premissas. Sabemos disso pela propriedade de retransmissão da falsidade, da dedução lógica: se a conclusão é falsa, uma ou mais premissas são falsas, e não sabemos, simplesmente pela lógica, qual(is) das premissas é(são) falsa(s). O cientista deve ser cuidadoso ao investigar qual premissa é falsa. Uma observação contrária à teoria não necessariamente torna a teoria falsa, diferentemente do que frequentemente se diz a respeito do pensamento científico de Popper. Muito pelo contrário, nossa primeira alternativa é buscar possíveis erros cometidos na montagem do experimento ou nas condições específicas presentes no momento da observação. Outro ponto de interesse é que tanto a teoria quanto os enunciados singulares, obtidos erroneamente, podem ser falsos. O cientista necessita ser crítico o suficiente para encontrar onde estão essas falsidades. Essa é a sua tarefa e ela não é nada simples. Popper, pelo que percebemos, é um racionalista, mas adepto de um racionalismo que se critica, perante uma suposta realidade. Assim, ele próprio se intitula um racionalista crítico.

É evidente que, para Popper, o cientista não deve buscar uma teoria da verdade absoluta, o que é inviável. Os cientistas devem produzir teorias cada vez melhores, isto é, cada vez mais falseáveis. A ciência, portanto, não parte de observações. Ela parte de problemas. Sua evolução se dá na tentativa de resolver problemas, encontrando, inevitavelmente, outros problemas, de maior profundidade. Cada teoria científica possui problemas relevantes e soluções distintas. O critério de demarcação em Popper (a falseabilidade) é dado em níveis, onde uma teoria é mais científica que a outra se ela se arrisca mais, ou seja, se ela proíbe mais coisas, se ela é mais falseável. Dentro dessa concepção, nitidamente, as que mais se arriscam são as mais interessantes. Quanto mais

experimentos que, ao serem observados não contradizem a teoria, mais corroborada ela está. E por mais experimentos que possam corroborar a teoria, jamais ela está provada.

A ciência está, conseqüentemente, modificando-se eternamente. Popper (1983) afirma que, quando um enunciado científico não necessita mais ser posto à prova, por ter sido provado, ele deixa de ser científico. Tudo o que é científico pode ser falseável e não pode ser provado de forma definitiva. Os enunciados devem ser hipóteses que necessitam ser reformuladas quando não correspondem mais aos fatos, e isso acontece freqüentemente. Muitas das hipóteses científicas formuladas durante algum período foram consideradas indubitáveis, ao longo da história. Um exemplo era a hipótese de que o Sol gira em torno da Terra. As novas hipóteses, geralmente, são mais resistentes ao falseamento. As novas hipóteses também são responsáveis pelo surgimento de novos problemas inexistentes, e às vezes incompatíveis, nas teorias, bem como pelo surgimento de novos experimentos e novas práticas científicas.

Essa concepção popperiana de ciência é completamente distinta da visão positivista de ciência. Não existem mais provas para Popper, e sim *corroborações*. A ciência não se baseia mais em observações de eventos singulares para se atingir um enunciado universal, ou uma lei; a ciência se baseia em hipóteses que sempre são falseáveis. O conhecimento científico não se baseia mais em provas do bom funcionamento da teoria (por observações) e sim na possibilidade de refutação da teoria através do que é observado. A segurança científica proposta pelos positivistas é ingênua e errada, segundo Popper.

Para os empiristas, como vimos, o que demarca aquilo que é ciência e aquilo que não é ciência é o método. O que é ciência está baseado no método científico, empírico e indutivista, repleto de dados. O que não é ciência está baseado no método especulativo, no mundo além da física e dos fenômenos, no mundo metafísico, não contendo, assim, dados empíricos. Para eles os enunciados metafísicos não podem ser verificados, comprovados, confirmados, e por este motivo carecem de sentido. Popper acredita que não é o método indutivo ou especulativo que delimita o que é ciência e o que não é ciência. Muito embora seja bastante claro que a ciência, por muitas vezes, se utiliza do método especulativo. Ele nos traz um exemplo, muito forte. A teoria da relatividade restrita de Einstein foi totalmente especulativa. Não havia qualquer base observacional quando foi formulada. Será que podemos dizer que a teoria de Einstein não era uma teoria científica apenas por não ser obtida pelo método indutivo? Ou que não era uma teoria científica porque não poderíamos verificá-la?

Do outro lado temos a astrologia. Os astrólogos estão cheios de dados a seu favor, ou seja, eles têm uma base observacional muito forte, que sempre verificariam suas previsões. Mas nem por isso a astrologia é ciência. Segundo o positivismo lógico ela deveria ser. Segundo Popper (1983, p. 296, tradução livre): *um sistema apenas deve ser considerado científico se faz afirmações que possam entrar em conflito com as observações e a maneira de testá-lo [...] é tentando refutá-lo*. No caso da astrologia, não há como refutá-la, pois o astrólogo sempre tem um argumento para se defender.

Para Popper as teorias metafísicas não são científicas porque não podem ser falseadas. Quando uma teoria tem essa propriedade de sempre se esquivar da refutação, ela não pode ser considerada como científica. Popper lista algumas teorias que são completas e não científicas: a psicanálise de Sigmund Freud, a teoria marxista e a psicologia de Alfred Adler. Para o filósofo austríaco, elas podem explicar qualquer coisa, de maneira que nunca se mostram falseadas. Deste modo elas não são científicas. Conforme Peluso (1995), para Popper existem três tipos de teorias racionais: as lógicas, as científicas e as metafísicas ou filosóficas. As teorias lógicas, incluindo-se aqui as teorias matemáticas, podem, em alguns casos, ser provadas.

Popper discute que existem graus de universalidade e precisão, também relevantes para as teorias científicas. Seria conveniente colocar os exemplos propostos por ele mesmo (POPPER, 1972, p. 132):

*p: Todos os corpos celestes que se movem em órbitas fechadas movem-se em círculos; ou de modo mais resumido: Todas as órbitas fechadas de corpos celestes são circulares.*

*q: Todas as órbitas dos planetas são circulares.*

*r: Todas as órbitas dos corpos celestes são elípticas.*

*s: Todas as órbitas de planetas são elípticas.*

Primeiramente trataremos da universalidade. Popper, ao que tudo indica, comenta sobre a universalidade com um pensamento próximo às teorias de conjunto. O conjunto de todos os corpos celestes engloba o conjunto de todos os planetas, mas o conjunto de todos os planetas não engloba o conjunto de todos os corpos celestes. Assim, o conjunto de todos os corpos celestes é mais universal do que o conjunto de todos os planetas, é algo indiscutível, por definição. Quanto à falseabilidade, é muito mais fácil falsear um enunciado que diz respeito a todos os corpos celestes do que um enunciado que diz respeito a um conjunto menor, o de todas as estrelas. Ou seja, quanto mais universal é um enunciado, ou uma teoria, mais falseável ele é, ou mais provavelmente ele será falseável.

Comparando *s* e *q* temos uma diferença no grau de precisão. Popper apela novamente para as teorias de conjuntos. *q* é mais precisa que *s*, pois um círculo é um caso específico de elipse. Nem toda a elipse é um círculo, mas todo o círculo é uma elipse. Um círculo é uma elipse cujos focos estão no mesmo ponto.

Sem comentar sobre a veracidade ou falsidade de *p*, *q*, *r* e *s*, que não tem importância, Popper afirma que a ciência deve optar pelos enunciados com maior grau de universalidade e precisão possíveis. Isso garante que a teoria escolhida é a mais facilmente falseada e, em outras palavras, quer dizer que ela é a menos provável, o que por sua vez significa que é a teoria que mais proíbe eventos singulares.

Segundo Peluso (1995) o estudo da lógica da pesquisa científica é importante para a escolha de uma teoria, entre várias teorias disponíveis. O estudo é importante também para delimitar os problemas relevantes a serem resolvidos pela teoria. Conforme Peluso (1995) é importante atentarmos que uma teoria científica deve expor-se ao máximo, tornando falseável todos os seus enunciados; que a ciência, a princípio, está em eterna modificação; e que as hipóteses científicas não são abandonadas enquanto não são falseadas ou enquanto não surge uma nova hipótese com um poder de explicação maior e mais abrangente.

Podemos montar a seguinte tabela, sintetizando as principais diferenças entre a epistemologia dos positivistas e a de Karl Popper:

<u>Características</u>	<u>Positivistas</u>	<u>Popper</u>
Critério de Demarcação	Verificação	Falseabilidade
Observações	Elas são Imparciais	Elas são Parciais
Coerência entre Teoria e Observação	Verificação / Confirmação	Corroboração
Origem dos Enunciados Científicos	Observações/Método Indutivo	Hipóteses

Resumindo, Popper combate os positivistas afirmando que o método indutivo não tem validade. As observações de modo algum podem provar uma teoria. Ao contrário, a função das observações é falsear uma teoria, ou seja, as observações podem nos levar à negação da teoria. Uma teoria é científica quando ela se arrisca, quando ela é falseável. Portanto, o critério de demarcação é a falseabilidade e não a verificação. Uma teoria ou um enunciado é falseável quando ele proíbe a existência de um fato, isso quer dizer, algo não pode ser observado, conforme tal teoria ou enunciado. Entretanto, se um fato proibido for observado, ou as condições da observação não estavam de acordo com a teoria ou a própria teoria ou algum outro pressuposto necessário estão errados. Uma das tarefas do cientista é descobrir o que provocou a observação de algo proibido pela teoria. Devemos lembrar que a falseabilidade é dada em graus. Uma teoria é mais falseável se ela se arrisca mais, ou seja, se ela proíbe mais fatos, ou ainda, se ela é mais improvável. Popper acredita que as teorias de Freud, Adler e Marx não são científicas por não serem falseáveis. Elas se ajustam a cada caso, o que as torna irrefutáveis.

A ciência e as teorias científicas estão em eterna modificação (são conjecturas e refutações). As hipóteses ou conjecturas, formadoras das teorias, estão sendo constantemente confrontadas com a realidade, em busca do seu falseamento. Não podemos provar a veracidade das hipóteses, apenas sua falseabilidade. Quando uma hipótese é falseada, ela deve dar lugar à outra hipótese que esteja,



até o momento, de acordo com aquilo que é observado. Geralmente, as novas hipóteses são mais eficazes e podem lidar com um maior número de problemas, de profundidade maior. Quando existem várias teorias rivais, a que deve ser escolhida é a mais geral e mais precisa possível.

O que é necessário compreender sobre Popper é o rompimento com a visão de que a ciência é resultado da observação. Um conjunto de dados exige muito mais do que freqüentemente as pessoas imaginam. Os dados são obtidos das observações, mas as observações jamais são isentas de pressupostos. Quando observamos, observamos algo, algo específico. Fazemos um recorte muito pequeno da realidade. Uma teoria científica nos indica que parte da realidade nós devemos recortar e, além disso, conforme podemos abduzir de Popper, nunca estaremos passando da realidade para as teorias. Faremos sempre o contrário, estamos forçando a realidade a se enquadrar na forma do nosso pensamento.



## THOMAS KUHN: UMA NOVA EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA

Assim como Karl Popper, Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) é um importante epistemólogo da ciência do século XX. Kuhn foi doutor em física, pela Universidade de Harvard. Assim como Popper, Kuhn era contrário às idéias do positivismo lógico. Para ele, a indução é um processo que logicamente não é justificável para a formação do conhecimento; entre outras características, sempre que observamos algo esse algo já está cheio de pressupostos. Isso nos impede de ter uma observação neutra, de qualquer fato. Para Kuhn, de forma alguma as observações podem determinar um conjunto de crenças. Em contrapartida, elas podem restringir o número de crenças aceitáveis, dentro de uma área da ciência.

Antes de ser exposta a epistemologia de Kuhn, é necessário esclarecer três de seus conceitos fundamentais:

- Paradigma: sem dúvida é o conceito central de Kuhn. Pouco depois de publicar seu livro intitulado *A Estrutura das Revoluções Científicas*, foi duramente criticado por usar o termo *paradigma* com significados distintos, durante a obra. Ele reconheceu esse fato, e em uma edição posterior desse livro, Kuhn (1978), no posfácio, se retrata, afirmando que existem dois sentidos para o termo *paradigma*. Conforme Ostermann (1996, p. 186), existe um sentido geral e um restrito para o termo *paradigma*. O sentido geral [...] foi empregado para designar todo o conjunto de compromissos de pesquisas de uma comunidade científica [...]. O sentido restrito deve ser entendido como os exemplares, ou seja, a solução de problemas típicos. Outra abordagem para o termo *paradigma* é encontrada em Bizzel (1979, p. 764, tradução livre): [...] *um modelo compreensível teórico que governa tanto a visão de realidade aceita por uma comunidade intelectual quanto a prática da disciplina dessa comunidade*. Dentro de um paradigma pode haver várias teorias.

- Ciência normal: é o período em que os paradigmas se estabelecem e não são contestados. Segundo Kuhn (1978) a ciência não se preocupa, nesse período, com a descoberta de novos tipos de fenômenos, nem os cientistas estão preocupados em criar novas teorias. Os cientistas procuram ajustar a natureza ao paradigma.

- Revolução científica ou ciência extraordinária: Para Kuhn (1978, p. 125), revoluções científicas são [...] *aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior*.

Kuhn, em sua epistemologia, trata muito sobre o ensino de ciência. O estudante de uma ciência precisaria se familiarizar com os paradigmas da área estudada. A familiarização se dá na resolução de problemas típicos e através dos manuais de ensino; os alunos acabam aceitando as teorias não por terem provas de seu funcionamento, mas pela autoridade exercida pelo professor. Cientistas, em geral, já se familiarizaram com os paradigmas; assim, quando escrevem para outros cientistas da mesma área, não precisam descrever o que querem dizer com um conceito presente no

paradigma, sendo sintéticos. Para Kuhn, alguns problemas são interessantes apenas quando inseridos em um paradigma. Muitas vezes, um problema nem mesmo existe, ou não faz sentido, se analisado por outro paradigma. Isso está relacionado diretamente com a parcialidade na observação. Para ele, as observações estão sempre imbuídas de preconceitos. Bizzel (1979) afirma que as *evidências empíricas*, para Kuhn, só fazem sentido quando consideradas sob a luz de um paradigma. Não poderia, portanto, haver evidências neutras. Esse pensamento é totalmente contrário ao pensamento dos positivistas, como vimos. Mas como surge um paradigma?

Para Kuhn (1978), no período anterior a Isaac Newton a ótica física deveria ser encarada não como uma ciência, mas sim como algo inferior a uma ciência. Ele diz que uma ciência é reconhecida somente quando seus cientistas dispõem de um conjunto comum de crenças, o qual não havia nessa área. Do contrário, cada cientista (de algo que não é uma ciência) deveria expor todo o seu conjunto de crenças, desde a base, para definir seu ramo de pesquisa. E desta forma, qualquer experimento poderia ser criado para sustentar tal ramo. Uma ciência, antes de tudo, deve compartilhar um paradigma aceito pela comunidade científica. Antes do surgimento de um paradigma, todas as possibilidades de observação são igualmente interessantes; assim, a coleta de dados parece dar-se de forma aleatória e sem sentido. Entretanto, um paradigma, quando surge é, segundo Kuhn, muito limitado e muito pouco preciso. Ou seja, em seu início um paradigma é algo muito obscuro. Tal obscuridade não proporciona aos seus potenciais adeptos a certeza de que ele resolverá muitos problemas e de que será exitoso. Desta forma, os seus adeptos necessitam, antes de tudo, acreditar que o paradigma será exitoso, sem uma justificação mais acurada.

Quando uma comunidade científica aceita um paradigma (o que ocorre de forma gradual), ela passa a não contestá-lo mais. Esse é o período denominado por Kuhn como a ciência normal. Durante a ciência normal, os cientistas devem polir o paradigma. Kuhn (1978, p. 45) acredita em um trabalho de *limpeza* em que há [...] *uma tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma [...] por parte dos cientistas.* Um paradigma tão inflexível acaba restringindo a visão do cientista. Mas tal restrição faz com que o cientista se aprofunde ao extremo no paradigma, sem contestá-lo. Como consequência, ele descobre coisas impensáveis no momento em que aceitou o paradigma. Kuhn cita um exemplo: os cientistas da eletricidade, que consideravam a eletricidade um fluido, tiveram a idéia de *engarrafar* o fluido elétrico, o que seria interessante segundo o paradigma vigente. Assim foi descoberta a garrafa de Leyden. Com uma baixíssima probabilidade, essa garrafa seria descoberta de outra forma.

É importante perceber que a inflexibilidade do paradigma gera restrições quanto aos possíveis problemas relevantes ao paradigma, bem como às possíveis soluções dos problemas. Os enunciados produzidos pela ciência não podem mais ser verificados ou falseados de forma independente. Eles estão vinculados ao paradigma. Kuhn não é um atomista como Popper e os positivistas, ele é um holista. Kuhn encara a ciência como *resoluções de quebra-cabeças*. Mas o quebra-cabeça não pode ser como *montar um quadro* arbitrariamente. A resolução do quebra-cabeça está vinculada às possibilidades oferecidas pelo paradigma e por uma solução assegurada. Para ele,

só através dos problemas que surgem dentro do paradigma este pode ser melhor aclarado e delineado; portanto, a ciência normal é um empreendimento cumulativo. Tudo isso para evitar uma possível novidade, algo não esperado. O termo *quebra-cabeça* não foi escolhido por acaso. Em um quebra-cabeça, devemos ser engenhosos e habilidosos. Da mesma forma, os cientistas necessitam ser engenhosos e habilidosos para articular o paradigma, com a finalidade de resolver os problemas. O cientista que está diante de um paradigma está comprometido com conceitos, métodos, instrumentos, entre outros. Ele precisa trabalhar com esses comprometimentos ao resolver os *quebra-cabeças*. A resolução, ou fracasso na resolução, de um paradigma corresponde ao sucesso, ou fracasso, do cientista e não do paradigma.

Segundo Kuhn, existem três focos na ciência normal:

- 1- A determinação dos problemas mais relevantes, conforme o paradigma;
- 2- Ajuste das previsões e da teoria com os fatos;
- 3- Articulação da teoria, resolvendo problemas atentados pelo paradigma, e tornando-o mais claro;

Esses focos, para ele, nem sempre são distintos, mas descrevem completamente a atividade científica durante a ciência normal. Entretanto, a ciência normal não descreve toda ciência. Existem pequenos períodos temporais que surgem com o avanço do paradigma, e de forma não intencional. Esses pequenos períodos são denominados de revoluções científicas. Para Kuhn, as revoluções acontecem por motivos muito especiais. A ciência normal não tenta encontrar novidades; se elas ocorrem, é pelo paradigma ser insuficiente, ou por falta de habilidade (de articular o paradigma) do cientista que se defrontou com a novidade. Porém, se uma anomalia é reconhecida e não se consegue mais fazer com que a natureza se encaixe ao paradigma, então a ciência normal entra em crise. Corrigir a anomalia não é apenas adicionar algo à teoria, ou ao paradigma. Isso envolve algo muito mais profundo.

Uma anomalia é o fracasso da ciência normal ao tentar resolver um quebra-cabeça. Deste modo a anomalia surge quando algum resultado gerado pelo paradigma não é o resultado esperado.

Para que um resultado não esperado seja encarado como uma anomalia, ele deve ser testado e resolvido de várias formas, conforme o paradigma. Desta maneira, o problema se torna reconhecido. Geralmente, o reconhecimento de uma anomalia não ocorre do *dia para a noite*, sendo algo que leva tempo. Uma anomalia poderia ser resultado da incapacidade de um cientista de resolver um problema, por exemplo. Mas, se a ciência normal fica desestabilizada, então o resultado continua não esperado. Nem sempre, em uma crise, um paradigma é abandonado. Mesmo assim, novos paradigmas (embrionários) se formam, antes mesmo que os antigos sejam abandonados. O paradigma ou pode ser abandonado, surgindo outro em seu lugar, ou pode tratar da anomalia (depois de muito esforço e resistência por parte dos seus adeptos), ou os cientistas podem afirmar que a

anomalia não pode ser resolvida ainda, persistindo o antigo paradigma. Kuhn deixa claro que a situação mais interessante se dá quando um paradigma é abandonado. Várias teorias são propostas e concorrem à sucessão da vigente. Surgem, então, as pesquisas extraordinárias e a quebra do compromisso antigo para o nascimento de um novo, lembrando que o novo compromisso nunca se apresenta como uma nova teoria que possui incrementos em relação à antiga. Conforme Ostermann (1996, p. 191), um paradigma é declarado inválido apenas quando surge outro, em seu lugar. Para esta autora: [...] *rejeitar um paradigma é sempre decidir simultaneamente aceitar outro*. Um paradigma é realmente aceito por parecer ser o melhor, sem uma justificativa clara. O novo paradigma, apenas, parece indicar um caminho próspero para os cientistas. É aqui que se dão os períodos de críticas nas ciências. O estabelecimento de um novo paradigma é, muitas vezes, complicado. Existirá sempre resistência por parte de alguns integrantes da comunidade científica, e por esse motivo são geralmente jovens que propõem novas teorias (já que é mais fácil para eles abandonarem os paradigmas de suas áreas). Para Kuhn essa resistência é benéfica. Ela garante que o paradigma não seja trocado sem necessidade.

O novo paradigma é completamente incompatível e incomensurável com relação ao antigo. Se fosse compatível com o antigo, não conseguiria, também, resolver o problema gerado pelo antigo. Cada paradigma implica em uma visão e concepção de mundo totalmente diferente, o que destrói a imagem de uma ciência linear, como até então se tinha. A imagem de uma ciência que evolui continuamente, onde uma nova teoria é a generalização da outra ou uma adição à outra, não existe para Kuhn. Os paradigmas são incomensuráveis entre si. Não há como compará-los de forma lógica, a comunidade científica acaba aceitando um paradigma com a fé de que ele será exitoso. Segundo Ostermann (1996), Kuhn acaba admitindo que aspectos como simplicidade, consistência e precisão são razões fundamentais na escolha de novos paradigmas. Essa postura de Kuhn foi produto de várias críticas sobre o aspecto irracional da ciência nos períodos de crise, defendido pelo próprio Kuhn. A irracionalidade estaria presente quando Kuhn afirma que o novo paradigma é aceito apenas porque os cientistas acreditam que ele será mais exitoso que qualquer outro.

As revoluções científicas são, essencialmente, locais. Isso significa que as revoluções científicas geralmente ocorrem em uma pequena área da ciência, e não se espalham para outras áreas, ainda que as outras áreas se comprometessem com os paradigmas antigos. Por exemplo: o paradigma newtoniano, da mecânica, foi substituído pelo relativístico (einsteiniano) em áreas que trabalham com corpos em altíssimas velocidades. O mesmo ocorre no ensino de física. Quando os alunos de física atacam um problema de plano inclinado a baixas velocidades, o paradigma utilizado para a resolução do problema é o newtoniano, por uma questão de simplicidade. Desta forma, áreas que trabalham com corpos macroscópicos em baixas velocidades não precisaram passar por essa revolução. O paradigma newtoniano é suficiente para o desenvolvimento de tal área.

Uma pergunta que devemos nos fazer é: o problema do plano inclinado é o mesmo problema quando encarado pelo paradigma relativístico? Por trás está a pergunta: Já que um paradigma muda a visão de mundo do cientista e os paradigmas são incomensuráveis entre si, todo e qualquer

problema não é característico e existente apenas em um paradigma? Deste modo, contrariamente ao que ouvimos nas aulas de física, para Kuhn, a relatividade proposta por Einstein não é algo mais geral que a mecânica newtoniana, se não algo completamente distinto dela.

Assim como na seção anterior, apresentamos uma tabela comparativa. Aqui, comparamos a epistemologia de Karl Popper com a de Thomas Kuhn:

<b><u>Características</u></b>	<b><u>Karl Popper</u></b>	<b><u>Thomas Kuhn</u></b>
Critério de Demarcação	Falseabilidade	Existência de Revoluções (*)
Evolução Científica	Contínua	Não há (**)
Conceito Fundamental	Teoria	Paradigma
O que determina a escolha por uma certa nova teoria ou por um novo paradigma?	Razão / Teoria mais precisa e mais universal possível	Fé / Esperança de que o paradigma possa vingar
Nova teoria ou paradigma em relação ao anterior	Melhor, possui mais verdades e é mais geral	Não há comparação, são incomensuráveis entre si

(\*) Na verdade, não há uma preocupação explícita quanto ao critério de demarcação por parte de Thomas Kuhn; entretanto, quando instado, pelo próprio Popper, ele afirma que, se tivesse que explicitar um critério de demarcação entre o que é ciência e o que não é ciência, tal critério seria a existência de revoluções na ciência.

(\*\*) Explicitamente, Kuhn não admite a existência ou não de evolução da ciência, na troca de um paradigma por outro, uma vez que para ele os paradigmas são incomensuráveis entre si.

Resumidamente, para Kuhn a ciência passa por longos períodos em que não existem críticas. Nesses períodos, denominados de ciência normal, os cientistas de uma comunidade aceitam um único paradigma e não o contestam. Seus esforços são todos com a finalidade de resolver problemas propostos pelo paradigma, ao mesmo tempo em que ele vai se tornando mais claro e mais rígido. Ocorre, de tempos em tempos, que os paradigmas não conseguem resolver problemas que se propuseram a resolver, produzindo uma crise na ciência normal. Ou isso acontece pela incapacidade atual de encontrar meios para resolver o problema, ou o problema acaba sendo resolvido com muito esforço, ou, o que Kuhn considera mais interessante, o paradigma é abandonado e outro, simultaneamente, é aceito. O período de crise é muito pequeno; ele é denominado ciência extraordinária ou revolução científica. A ciência é cíclica, por conter períodos de estabilidade precedidos por períodos de crise em que se rompe a visão anterior, produzindo uma nova visão de mundo que se estabelece e, posteriormente, também é rompida. Entretanto, não é um círculo vicioso, a cada etapa temos uma visão distinta, com o estabelecimento de um único paradigma, em cada período de ciência normal, totalmente incompatível com o paradigma anterior.

A aceitação de outro paradigma é, geralmente, devida à indicação de que o novo paradigma será exitoso. Não há uma razão maior que esta. Os cientistas acreditam que tal paradigma será exitoso, por uma questão de fé. A aceitação do novo paradigma, muitas vezes, é dificultada pela resistência oferecida por alguns membros da comunidade. Para Kuhn, essa resistência é positiva. Ela garante que o antigo paradigma não seja abandonado sem razão. Vale lembrar que os paradigmas são incomensuráveis entre si. Não há como comparar um com outro. Explicitamente, Kuhn não afirma que existe uma evolução no conhecimento científico. A incomensurabilidade entre os paradigmas impede qualquer comparação de progresso científico. Os paradigmas tentam fazer a natureza se encaixar ao nosso pensamento. Cada paradigma provoca uma visão de mundo diferente. Não temos como comparar qual é a melhor. Cada uma possibilita um entendimento do mundo e desta forma resolve um problema distinto da outra. A mecânica relativística, portanto, não é uma generalização da clássica, ela é algo completamente diferente, que implica uma visão de mundo completamente diferente. A forma como vemos o mundo de maneira alguma é neutra, como afirmavam os positivistas, o que implica em não podermos tirar leis diretamente das observações. Kuhn não acredita que seja possível verificar ou falsear cada enunciado, isoladamente. Todos os enunciados estão vinculados ao paradigma, sendo produto do mesmo. Ele é um holista e não um atomista.

Kuhn, diferentemente de Popper e dos positivistas, não se preocupou em criar um critério de demarcação entre ciência e pseudociência. O máximo que ele afirma é que não existe ciência sem um paradigma. O maior objetivo, aqui, é oferecer uma nova maneira de encarar a ciência, diferente da maneira positivista que, ao que tudo indica, é muito ingênua e equivocada.



## IMRE LAKATOS: O DESENVOLVIMENTO DA EPISTEMOLOGIA DE KARL POPPER

Imre Lakatos (1922-1974) foi físico, filósofo e matemático. Foi, também, um epistemólogo da ciência muito conceituado no século XX. Sofreu com as perseguições aos judeus na Europa, o que o levou a mudar seu nome, que era Imre Lipschitz.

Sabendo que nenhuma filosofia da ciência pode vingar sem se remeter à história da ciência, Lakatos se mostra, também, consciente da importância da epistemologia da ciência na leitura da história da ciência: *A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega* (apud SILVEIRA, 1996b, p. 220).

Devemos iniciar esta seção salientando o apreço que Lakatos tinha por Popper. Podemos perceber a importância de Popper para o pensamento de Lakatos na seguinte passagem (LAKATOS, 1993, p. 180, tradução livre):

*Sua filosofia me ajudou a romper, de forma definitiva, com a perspectiva hegeliana que eu retive durante quase vinte e cinco anos e, o que é ainda mais importante, me forneceu um conjunto muito próspero de problemas, um verdadeiro programa de pesquisa.*

Lakatos inicia sua obra (LAKATOS, 1994) deixando bem claro seu objetivo: devolver à ciência seu aspecto de racionalidade. Ele não concordava com a epistemologia de Kuhn, que defende uma conversão *religiosa* nas mudanças de paradigmas, originadas pelas revoluções científicas. Lakatos não admite que a ciência seja, de alguma forma, dirigida por uma fé irracional e, por este motivo, busca elementos da epistemologia de Popper para produzir a sua epistemologia, na qual a razão é responsável pelo progresso científico. Segundo Lakatos, a epistemologia de Popper possibilita a existência de duas versões de falseabilidade e Kuhn, em suas críticas, compreenderia apenas a versão ingênua. Desenvolvendo a outra versão, Lakatos esperava conter as críticas de Kuhn. É importante ver também a influência de Thomas Kuhn no trabalho de Lakatos, especialmente na necessidade que o último tem de descrever o comportamento de um grupo de cientistas e não apenas de um cientista.

Para que isso seja possível, Lakatos acredita que é necessário estudar algumas correntes ou posturas filosóficas. A primeira delas é o justificacionismo. Esta corrente defende que existe uma identidade entre conhecimento científico e proposições provadas. O método indutivo possibilitaria a formação de enunciados universais e o mundo empírico forneceria a confirmação das proposições. Esta postura, como vimos, foi aceita por alguns positivistas lógicos.

Porém, foi observado um recuo desta postura após diversas críticas ao método indutivo. Isto deu suporte ao nascimento da corrente neo-justificacionista, que empresta a noção de probabilidade para a *confirmação* das teorias. Dentre os seus defensores estavam alguns positivistas. A diferença

com relação ao justificacionismo é que as teorias que devem ser aceitas são as mais prováveis, as que mais provavelmente estariam corretas.

Um novo recuo (e, conseqüentemente, um novo enfraquecimento do justificacionismo) produziu a falseabilidade dogmática. Admite-se que as teorias não podem ser provadas, mas a base empírica seria infalível. Ou seja, se os dados se contrapusessem à teoria, ela deveria ser abandonada. Toda a teoria irrefutável seria não científica.

Entretanto, Lakatos não se mostrou simpático a nenhuma dessas posturas. Ele propõe a falseabilidade metodológica, que possui duas versões: a falseabilidade metodológica ingênua e a sofisticada. A falseabilidade metodológica admite a falibilidade da base empírica. Uma observação pode ser produto de erros experimentais. Deve-se, portanto, conforme convenção, repetir várias vezes o experimento para eliminar os eventuais erros. Segundo Lakatos (1994, p. 26, tradução livre), as convenções [...] são institucionalizadas e endossadas pela comunidade científica: a lista dos indicadores de falsidade é fornecida pelos experimentadores. Embora os indicadores possam falsear a teoria, diferentemente da falseabilidade dogmática, isso não implica necessariamente na sua refutação. Se cada indicador de falseabilidade eliminasse uma teoria, o desenvolvimento das ciências não seria racional.

A eliminação de uma teoria deve ser decisiva, metodologicamente. Portanto, há um cuidado especial ao se fazer isso, do contrário se poderia estar refutando uma teoria verdadeira por motivos errados. A principal diferença da falseabilidade metodológica com relação à dogmática é que a metodológica faz a distinção entre a refutação, que é definitiva, e uma simples constatação empírica de que a teoria esteja sendo falseada.

Lakatos (1994, p. 27, tradução livre) estabelece um novo critério de demarcação para a falseabilidade metodológica: são 'científicas' somente as teorias [...] que prescrevem certos estados de coisas 'observáveis' e podem então ser 'falseadas' e refutadas: ou, sendo breve, uma teoria é 'científica' (ou 'aceitável') se ela possui uma 'base empírica'.

Como foi mencionado, Lakatos observa duas versões da falseabilidade metodológica. Para a versão ingênua, uma teoria é aceitável ou científica quando ela pode ser experimentalmente falseável. Para a versão sofisticada, uma teoria não pode ser considerada científica isoladamente. A *cientificidade* só pode ser atribuída a uma série de teorias, a série sendo científica quando as teorias posteriores forem melhores, possuindo maior capacidade de conduzir a novas descobertas, sendo mais corroboradas que suas rivais ou que as teorias anteriores. Para a versão ingênua, uma teoria que é considerada falseada, o que exige mais do que o conflito entre a teoria e algum enunciado *observacional* (precisa cumprir as convenções endossadas pelos experimentadores), deve ser refutada. Para a versão sofisticada, uma teoria, ainda que falseada, será refutada **se e somente se** existir uma teoria alternativa, disponível, que prediga fatos inéditos, que resolva os problemas da teoria falseada, que possua todo o conteúdo não refutado da teoria falseada e que possua parte do seu conteúdo excedente à teoria falseada corroborado. A existência de uma incompatibilidade entre a

teoria e um enunciado *observacional* não tem força suficiente para refutá-la. Para que uma teoria científica  $T$  seja refutada, a falseabilidade sofisticada de Lakatos exige que uma nova teoria,  $T'$ , possua as seguintes três condições (Lakatos, 1994, p. 38, tradução livre):

1)  $T'$  possui excesso de conteúdo empírico com relação a  $T$ ; isto é, prediz fatos novos, improváveis ou ainda não incluídos em  $T$ ;

2)  $T'$  explica o êxito prévio de  $T$ ; isto é, todo o conteúdo não refutado de  $T$  está incluído [...] no conteúdo de  $T'$ ;

3) Uma parte do excesso de conteúdo de  $T'$  é corroborado.

Reafirmando o que foi dito anteriormente, a existência de conflitos entre uma teoria e os enunciados *observacionais* não é suficiente para refutar a teoria. Assim como um conjunto de enunciados singulares *observacionais* não é suficiente para *provar* uma teoria, Lakatos acredita que um conjunto finito de enunciados singulares *observacionais* não é suficiente para refutá-la. Não existe um *experimento* crucial, cujos resultados sejam capazes de possibilitar a refutação de uma teoria. Para que uma refutação ocorra deve existir uma teoria nova, que possua as três características citadas acima. Enquanto não existe uma nova teoria,  $T'$ , portadora de tais características, normalmente se acrescentam hipóteses *ad hoc* à vigente,  $T$ . As hipóteses *ad hoc* não têm por finalidade produzir novas previsões; elas apenas se responsabilizam por *camuflar* o problema existente.

Lakatos compreende as ciências como sendo programas de pesquisa que obedecem certas regras. Segundo Lakatos (1994, p. 66, tradução livre), todo programa de pesquisa tem um núcleo firme *que possui proposições que não podem ser refutadas, por decisão metodológica daqueles que fazem parte do programa*. Deste modo, um mesmo programa de pesquisa pode possuir várias teorias que, essencialmente, se diferenciarão nas hipóteses presentes no *cinturão protetor*, como veremos adiante. O conjunto de procedimentos e regras responsáveis por manter o núcleo estático é dado pela heurística. A heurística tem caráter negativo ou caráter positivo, que serão explicitados em seguida.

O *cinturão protetor* é constituído de hipóteses auxiliares que podem ser criadas ou descartadas com o objetivo de proteger a integridade (*firmeza*) do núcleo firme. O cinturão protetor diferencia as várias teorias que compartilham de um mesmo núcleo firme, ou, portanto, um mesmo programa de pesquisa.

Em um programa de pesquisa é necessário que se construam *hipóteses auxiliares* com a finalidade de formar um *cinturão protetor* em volta do núcleo firme. Isto é na verdade a heurística negativa. Ela tem como procedimento definir o núcleo firme e passar para o cinturão protetor toda a responsabilidade pela existência de contra-exemplos contidos no programa. Isto garante que quando os contra-exemplos realmente existirem, o núcleo firme não será modificado. Evidentemente, para que o núcleo mantenha-se intacto, as hipóteses auxiliares terão de ser, obrigatoriamente,

modificadas. O programa de pesquisa, portanto, é composto por um núcleo irrefutável e um cinturão protetor, refutável. Se, por um lado, a tarefa da heurística negativa é preservar o núcleo firme, a heurística positiva é, por outro lado, responsável por estabelecer as regras para se modificar o cinturão protetor. A heurística positiva tem o papel de eliminar um oceano de anomalias dentro do programa de pesquisa.

Lakatos admite um *pluralismo teórico*, contrariamente a Kuhn. Isto quer dizer que ele concorda que uma mesma área pode possuir mais de um programa de pesquisa. Os programas de pesquisa seriam concorrentes entre si. Como estabelecer o melhor programa? O melhor programa é aquele que explica mais e o que produz mais novidades, além de ser mais corroborado. Se racionalmente podemos perceber que um programa de pesquisa é melhor que outro, ele será gradualmente aceito pelos cientistas. As revoluções científicas aconteceriam com a troca de um programa por outro. A *troca* de um programa por outro é dada de modo **racional** (ou seja: não é uma questão de fé) e, geralmente, é um processo muito demorado. Um programa que possui avanço em relação a ele mesmo é chamado de programa progressivo, enquanto aquele que não possui avanço é chamado de programa regressivo. Resumidamente, um programa é progressivo quando, segundo Silveira (1996b, p. 223), *cada modificação no 'cinturão protetor' leva a novas e inesperadas predições ou retrodições*. (Uma retrodição é a explicação *a posteriori* de um fato já conhecido.) Um programa é regressivo quando as modificações não produzem novas predições e quando suas predições não são corroboradas.

Para Lakatos a reconstrução racional da ciência não consegue dar conta de toda a história da ciência; parte da ciência não é construída racionalmente. A reconstrução racional da ciência é o que Lakatos denomina *história interna*. A história interna é a primeira e principal, uma vez que ela define os problemas da *história externa*. A história externa é caracterizada pela influência de fatores econômicos, sociais, políticos, entre outros, que de alguma forma influenciaram o progresso da ciência e os programas de pesquisa.

Sintetizando, Lakatos propõe uma epistemologia que busca dar racionalidade ao desenvolvimento da ciência, negando os pequenos períodos de *irracionalidade* propostos por Kuhn na troca de um paradigma por outro. Para isso ele importa muitos elementos presentes na epistemologia de Popper. Basicamente o que Lakatos defende é que existem programas de pesquisa, que se caracterizam por possuir um núcleo firme de proposições tidas como verdadeiras por convenção, e ao redor desse núcleo se forma um cinturão protetor, que nada mais é do que um conjunto de hipóteses auxiliares que visam assegurar a integridade do núcleo firme.

Várias teorias podem ser concorrentes, ainda que compartilhando do mesmo programa de pesquisa. Uma teoria vence a outra quando se mostra mais eficaz e, apenas quando isso ocorre, a teoria que perde é eliminada ou refutada. Essa refutação é irreversível.

Os programas de pesquisa podem se mostrar regressivos. Isto ocorre quando nenhum ajuste no cinturão protetor fornece novas predições. Havendo um programa de pesquisa rival, ou alternativo, que ofereça novas predições, sendo, portanto, progressivo, e que se mostre mais geral que aquele regressivo, acontecerá, naturalmente, uma migração lenta e gradual para o programa de pesquisa progressivo, que racionalmente é melhor, ou seja, para Lakatos a evolução da ciência é racional.

Lakatos não foi ingênuo e se mostrou consciente do escopo da racionalidade na ciência ao dizer que não é só a razão que faz a ciência progredir. Para ele, a história externa também influencia o desenvolvimento da ciência.



## CONCLUSÃO

Expusemos, aqui, algumas epistemologias. A primeira delas, proposta por Aristóteles, mostrou-se demasiadamente ingênua. Aristóteles acreditava que poderíamos obter leis e enunciados universais através de uma observação imparcial. Mas claramente a sua ciência é recheada de proposições metafísicas e parcialidade. Aristóteles não observou o lugar natural para o qual os corpos divergem, nem a *incorruptibilidade* dos astros celestes e muito menos o éter. Todas essas coisas são proposições metafísicas que interferem na observação, tornando-a demasiadamente parcial. Ainda que não tivéssemos nenhuma proposição metafísica seria muita pretensão acreditar que é possível se obter conhecimento da realidade, de forma direta. Não podemos conhecer a realidade diretamente, nem como ela funciona. Uma maneira simples de perceber isso é da seguinte forma. Diga para alguém: Observe! Imediatamente surge a pergunta: Observar o quê? A nossa relação com a realidade, através dos sentidos, é exatamente assim. Quando observamos, observamos algo e esse algo, indubitavelmente, é uma porção muito pequena da realidade. Não há contestação quanto a isso. Outra maneira de perceber que não podemos conhecer a realidade diretamente é perceber que não tentamos moldar nosso pensamento à realidade e, sim, a realidade ao nosso pensamento. O conteúdo dessa última sentença pode ser contestado. A epistemologia de Aristóteles deve ser rejeitada.

Segundo Aristóteles, as leis e enunciados universais podem ser obtidos de uma sucessão de observações de fatos que compartilham características semelhantes. O conjunto de observações é suficiente para, a partir deles, se produzir um enunciado mais geral, sobre todos os fatos que compartilham essas características. Esse processo é conhecido como indução.

Descartes não acreditava que a observação seja a fonte do conhecimento, colocando inclusive em dúvida todo o conhecimento obtido pela experiência. Para ele os seres racionais poderiam conhecer através de um método. Esse método era constituído pela formação de uma pergunta e a divisão dessa pergunta em perguntas mais simples, até que o sujeito racional tivesse uma intuição. A partir dessa intuição ele responderia às questões surgidas da divisão da pergunta original. A intuição não é algo obtido com as observações. É algo que faz parte da estrutura do pensamento.

Os positivistas também acreditam na indução como método científico. Mas indução tem problemas. A primeira objeção à indução, com importância, foi a de Hume. Hume se utilizou de um argumento psicológico para dizer que a indução não faz sentido. Para ele, estamos habituados a fazer induções, mas as induções não são provas de nada. Elas são nada mais que hábitos dos seres humanos.

Ainda assim a indução teve muita força para os positivistas. Alguns deles ofereceram defesas à indução. Tudo isso para garantir a indução como método que caracteriza a ciência e a distingue da

pseudociência. Para os positivistas, o confronto com os enunciados universais, produzidos pelo processo de indução, com a realidade, pode verificar o enunciado. Cada enunciado seria verificado de forma independente, sem levar em conta os outros enunciados. Os enunciados metafísicos não possuiriam sentido, pois não podem ser verificados pela realidade. Evidentemente, parece ser forçosa a idéia que os enunciados universais podem ser verificados pela realidade. Se isso é verdade, então não deveria haver revoluções científicas. A ciência deveria ser estanque e a dona da verdade.

Karl Popper era contrário a essa visão positivista. Ainda que aceitasse a dedução como um processo lógico infalível, para ele a indução não se sustentava logicamente. Um conjunto de dados finitos não pode dar conta de um enunciado universal. Por mais que algumas observações sejam compatíveis com os enunciados universais, elas não podem confirmar os enunciados. Quando são compatíveis, elas estarão *corroborando* o enunciado e não confirmando ou verificando ou provando os enunciados. A única coisa definitiva que uma observação pode fazer é falsear o enunciado, ou seja, tornar falso o enunciado. Popper acreditava que cada enunciado é falseável independentemente dos outros. A falseabilidade era uma característica da ciência. Todo enunciado falseável é um enunciado científico. A demarcação entre a ciência e a pseudociência seria a falseabilidade de seus enunciados ou leis. É importante lembrar que Popper não aceitava a idéia de uma observação imparcial. A ciência é uma série de conjecturas e revoluções, como diz Popper. Cada conjectura é constituída de vários enunciados ou leis. Quando algum ou vários enunciados são falseados, ocorrem as revoluções, que nada mais são do que o abandono da conjectura antiga (dos enunciados e leis antigos) para o surgimento de uma nova conjectura, sempre superior, mais poderosa. Conforme Popper, não há como provar a veracidade de uma teoria. A ciência para ele, portanto, não é dona da verdade e está em constante modificação. As modificações indicam que a ciência caminha para um fim (isto é, ela é teleológica), que é uma descrição cada vez mais próxima daquilo que é a realidade.

Thomas Kuhn também criticou a visão positivista. A formação de enunciados é proveniente da aceitação de um paradigma, que de forma geral traça os compromissos do cientista para com a ciência. O surgimento de um paradigma não é um problema que deve ser discutido; ele simplesmente surge e não é por um processo indutivo. Poderia ser um conjunto de hipóteses. Uma ciência recebe o status de ciência apenas quando um conjunto de cientistas adere a um único paradigma. Os cientistas aderem ao paradigma, inicialmente, sem ter certeza de que ele será exitoso na resolução de problemas. A aceitação é uma questão de fé, de crença que o paradigma vingará. Isso dá um aspecto claro de subjetividade à ciência. O paradigma inicialmente é obscuro. Acaba sendo aclarado com o tempo, através das articulações possíveis na tentativa de resolver problemas típicos do paradigma. A ciência é responsável por forçar a natureza a se encaixar nos limites inflexíveis do paradigma. Portanto, a ciência não vislumbra descrever como é a realidade, ela mesma. Ela tenta forçar a natureza a se encaixar ao paradigma aceito. Os paradigmas são distintos para as distintas áreas da ciência. Eles são responsáveis por um aprofundamento que não seria possível sem eles, num período onde não há crítica aos paradigmas, conhecido como ciência normal. Esses períodos



são longos e cumulativos. Podem ocorrer anomalias, sugerindo um período muito breve, conhecido como revolução científica.

Nesse período, freqüentemente, os cientistas de uma área abandonam o paradigma até então vigente e simultaneamente optam por outro paradigma que acreditam ser mais exitoso, de forma não cumulativa. Não há provas ou meios de comparar dois paradigmas; eles são incomensuráveis entre si. Explicitamente, Kuhn não diz que a ciência evolui com os novos paradigmas. Não existe um comprometimento com a realidade, nem um critério que demarca o que é ciência e o que não é ciência. A ciência, para ele, também não é dona da verdade.

Imre Lakatos tem uma perspectiva da ciência como sendo uma construção racional, em todas suas etapas, exceto quando a ciência é afetada pela história externa. Para Lakatos a simples incompatibilidade entre uma teoria e um enunciado observacional não pode ser forte o suficiente para refutá-la. Indubitavelmente, como pano de fundo está presente a idéia de que a base empírica é falível. O enunciado observacional pode ter sido obtido de maneira errada.

Ainda que esse enunciado observacional fosse verdadeiro, o programa de pesquisa não seria necessariamente rejeitado. Seria mudado o cinturão protetor que envolve o núcleo duro que define o programa de pesquisa. Novas hipóteses auxiliares seriam propostas no intuito de tornar o enunciado observacional compatível com a teoria.

Entretanto, muitas vezes não há mais o que ser feito. É como se o núcleo firme estivesse saturado. As hipóteses auxiliares não seriam mais capazes de fazer novas predições, nem de adaptar os enunciados observáveis à teoria. Neste caso, o programa de pesquisa se torna regressivo. Se houver um programa de pesquisa concorrente, e progressivo, haverá uma migração lenta para o programa progressivo. Este programa não é uma promessa, ele é melhor que o regressivo por questões racionais, diferentemente do que Thomas Kuhn acreditava, com relação à mudança de paradigmas.

Lakatos, ao propor sua filosofia da ciência, estava ciente de que a razão não pode explicar completamente a evolução da ciência. Apesar da razão nortear a ciência, ela é bastante afetada por questões sociais, econômicas e políticas, que fazem parte de uma história externa à própria ciência, mas que de certa forma se vinculam à ciência no momento em que esta determina quais são os problemas mais relevantes, em determinada época.

Um pensamento de ciência como algo exato e estanque deve ser banido da educação dos alunos, com motivos suficientes. Não devemos tratar as ciências, e em especial a física, como áreas surgidas da observação da natureza e totalmente imparciais. Esta concepção é, há muito tempo, considerada ingênua e antiquada. Mesmo que as epistemologias propostas por Popper, Kuhn e Lakatos possam ser criticadas, evidentemente elas são muito mais condizentes com o que é ciência do que as epistemologias propostas pelos positivistas e por Aristóteles.

A epistemologia de Kuhn é mais interessante do que a de Popper por trazer uma visão holística da ciência, onde cada enunciado influencia o outro. Além disso, Kuhn trata das comunidades científicas, coisa que Popper não explicita. A epistemologia de Kuhn, ao que tudo indica, é mais sofisticada do que a de Popper. A proposta de Lakatos se mostra tão, ou mais, interessante que a de Kuhn, por tratar também de grupos de pesquisa ou comunidades científicas e, além disso, por evidenciar a competição entre os programas de pesquisa e as teorias. A questão de um progresso racional da ciência pode ser interpretada por alguns como sendo outra virtude de Lakatos em relação a Kuhn.

Procuramos, aqui, possibilitar uma melhor compreensão do que é ciência. Foram selecionadas algumas das mais importantes epistemologias correntes na literatura. Um dos objetivos desse trabalho foi o de mostrar que ciência nenhuma pode se basear em um método indutivo para produzir conhecimento científico (como queriam os positivistas). Esperamos ter deixado claro que não somos imparciais ao recolher dados do mundo sensível. Sempre, quando fazemos observações, estamos repletos de pressupostos. Tais pressupostos fazem com que tenhamos percepção apenas de uma pequena parte de uma suposta realidade externa.

As críticas ao positivismo não se esgotam com a parcialidade do observador. O método científico proposto pelos positivistas (a indução) não é um método confiável. Ele não garante a verdade das teorias científicas. Como aponta Popper, a observação de inúmeros eventos, que concordam com a teoria, não é, de nenhuma maneira, suficiente para verificar a veracidade desta. Algo que não comentamos, por falta de espaço, é que o positivismo traz consigo muitos pressupostos metafísicos mas, como vimos, a metafísica não tem valor para os positivistas.

Todas essas críticas ao positivismo devem tornar menos razoável que alguém continue aceitando-o. Mas, como propôs Kuhn, só abandonamos um paradigma quando aceitamos outro. Do mesmo modo, neste trabalho oferecemos três epistemologias alternativas ao positivismo: a epistemologia de Popper, a epistemologia de Kuhn e a epistemologia de Lakatos. Evidentemente, estas epistemologias são mais elaboradas e melhores que a positivista. Deixemos claro que, embora melhores, as epistemologias de Popper, Kuhn e Lakatos não são definitivas, assim como a própria ciência e a própria física. Ainda que um bom físico não necessite saber muito sobre epistemologia, é demasiadamente importante que o educador de física conheça melhor o assunto. Se, como disse Lakatos, a história da ciência sem uma filosofia da ciência é cega, ao oferecermos uma epistemologia assaz ingênua aos nossos alunos, estes terão uma leitura completamente distorcida da ciência. Um aluno, ao entrar em uma instituição, é como uma pessoa com enorme deficiência visual, que precisa de um guia e de instrumentos que lhe possibilitem uma melhor visão. Não pensemos que podemos oferecer a cura de seus problemas; entretanto, não negligenciemos do dever de lhe oferecer os óculos que, apesar de incapazes de lhe proporcionar a visão perfeita de todas as coisas, lhe propiciarão um esboço de como são todas as coisas. Nosso dever como educadores é fazer com que não proliferem idéias errôneas e imaturas sobre o que é a ciência, ou seja, oferecer os melhores

óculos disponíveis, ainda que não sejam estes os óculos últimos, aqueles capazes de mostrar como a ciência é e como ela deve ser lida, historicamente.



## GLOSSÁRIO

**Abdução:** É o processo lógico de formação de uma hipótese. É uma sugestão de algo que pode ser. A abdução pode posteriormente ser confrontada com o mundo sensível. Geralmente, ela está relativamente bem sustentada por outras crenças.

**Atomismo:** Os representantes dessa corrente filosófica acreditam que cada proposição tem sentido (ou é verdadeira ou é falsa) independentemente de outra e que todo discurso pode ser reduzido a proposições simples. Os positivistas, de modo geral, acreditavam que cada enunciado universal (que também é uma proposição) poderia ter seu valor de verdade comprovado com observações.

**Cinturão Protetor:** Presente na epistemologia de Lakatos, o cinturão protetor é responsável por manter o núcleo firme intacto, trazendo para si todas as incompatibilidades da teoria com os enunciados observados.

**Critério de Demarcação:** O critério de demarcação é o critério responsável por separar as teorias científicas das não científicas.

**Dedução:** É o processo lógico que deriva uma proposição de outras proposições. A dedução é caracterizada pela transmissão da verdade, retransmissão da falsidade e não retransmissão da verdade. Geralmente, na dedução, partimos de enunciados universais e chegamos a enunciados singulares.

**Empirismo:** Tudo aquilo que tem como sustentáculo a experiência sensível (sensorial) é empírico. No empirismo o conhecimento só é obtido através da experiência, da observação, da percepção.

**Enunciado:** É uma sentença cujo conteúdo possui sentido lógico, ou seja, ou é verdadeira, ou é falsa.

**Enunciado Universal:** É uma sentença cujo conteúdo possui sentido lógico e, além disso, o sujeito da frase abrange todos os membros de uma classe que compartilha das mesmas características. Ex: Todos os seres humanos são mortais. O sujeito da frase (todos os homens) abrange todos os membros da classe dos seres humanos.

**Falseabilidade:** A falseabilidade de uma teoria se caracteriza pelo fato dela estar constantemente exposta a possíveis contra-exemplos.

**Holismo:** Os representantes dessa corrente filosófica não acreditam que seja possível reduzir todo e qualquer discurso a proposições simples. Para eles as proposições têm relações que se perdem quando se tenta isolar as proposições simples. As proposições não podem, portanto, ser analisadas separadamente.

**Indução:** É o processo lógico de formação de enunciados universais a partir de enunciados singulares.

**Inferência:** Uma inferência é um processo lógico qualquer. É através de um processo lógico que se faz uma inferência lógica, seja ela uma dedução, uma indução ou uma abdução.

**Lugar Natural:** Dentro da concepção aristotélica de mundo, o lugar natural é o lugar onde cada objeto deve permanecer, ou para onde deve se direcionar. A noção de lugar natural é completada no verbete 'Movimento Natural'.

**Metafísica:** A metafísica trata de tudo aquilo que não faz parte do mundo sensível (perceptível). Tudo o que não é observável e empírico é metafísico. A alma, os deuses e o espírito são exemplos de objetos da metafísica. Aristóteles e Descartes acreditam que a metafísica é a filosofia primeira.

**Movimento Forçado:** O movimento forçado, segundo Aristóteles, se dá quando um objeto não está se dirigindo ao seu lugar natural. Quando isso ocorre uma força, necessariamente, deve estar agindo sobre o objeto, a fim de impedir que ele se dirija ao seu lugar natural. Um objeto com velocidade oblíqua em relação ao solo estaria, então, sob ação continuada de uma força.

**Movimento Natural:** O movimento natural aristotélico é o entendimento de que os objetos tendem a se mover na direção dos seus lugares naturais. Aristóteles tinha a concepção de que o universo (finito) era dividido em duas regiões: a sobrelunar e a sublunar. A região sobrelunar situava-se além da órbita da Lua (até a esfera celeste) e a sublunar era situada abaixo da órbita da Lua. O universo sublunar era 'corruptível', onde as coisas cresciam, se desenvolviam e pereciam. O universo sobrelunar, ao contrário, era constituído do éter, substância 'incorruptível'. O universo sublunar seria formado por quatro elementos: terra, água, fogo e ar. A terra deveria estar mais próxima do centro da Terra (o centro da Terra seria seu lugar natural); a água deveria estar na superfície da Terra; o ar, em uma região entre a Terra e a Lua; e por fim, o fogo, o mais próximo da Lua. Os objetos eram misturas desses quatro elementos, e cada proporção de mistura caracterizava um material.

**Não-retransmissão da Verdade:** É uma das características da dedução lógica. Em um argumento dedutivo, uma ou mais premissas falsas podem produzir uma conclusão verdadeira.

**Núcleo Firme:** O núcleo firme é o que constitui um programa de pesquisa. O núcleo firme é, para os adeptos do programa, irrefutável, por convenção.

**Programa de Pesquisa:** É constituído pelo núcleo firme. Um único programa de pesquisa pode dar origem a várias teorias. O programa de pesquisa pode ser progressivo, quando faz novas previsões e possui mais conteúdo corroborado após uma modificação nas suas premissas auxiliares, ou regressivo, quando alterações nas premissas auxiliares já não produzem mais novas previsões.

**Racionalismo Crítico:** É uma postura filosófica proposta por Karl Popper, para classificar seu pensamento. Para o racionalismo as construções racionais têm por objetivo representar a realidade,

ou adaptá-la à maneira como pensamos. A alcunha 'crítico' é proveniente da falseabilidade. Quando o cientista observa discrepâncias entre o que é previsto pela teoria e os resultados obtidos através do experimento, ele deve ser crítico o suficiente para encontrar o motivo dessa discrepância, seja ele a teoria, um erro experimental ou uma premissa tomada erroneamente.

**Retransmissão da Falsidade:** É uma das características da dedução lógica. Em um argumento dedutivo, se a conclusão é falsa, então uma ou mais premissas necessariamente são falsas.

**Transmissão da Verdade:** É uma das características da dedução lógica. Em um argumento dedutivo, se as premissas (os enunciados que antecedem a conclusão) são todas verdadeiras, então a conclusão necessariamente é uma verdade.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIZZEL, P. Thomas Kuhn, Scientism, and English Studies. *College English*, v. 40, n. 7, p. 764-771, Mar. 1979.

BLUMBERG, A. E.; FEIGL, H. Logical Positivism. *The Journal of Philosophy*, v. 28, n. 11, p. 281-296, Mai. 1931.

CHALMERS, Alan F. *O que é a ciência afinal?* 1.ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

DEMOS, R. Aspects of Positivism. *Philosophy and Phenomenological Research*, v. 13, n. 3, p. 337-393, Mar. 1953.

DESCARTES, R. *Les Méditations Métaphysiques: Première Méditation* (Tradução de Luc de Luynes para o Francês em 1647). Disponível em:  
<<http://www.wright.edu/cola/descartes/meditation1f.html>>. Acesso em: 16 dez. 2008.

FELDMAN, R. *Epistemology*. 1.ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 2003.

GARBER, D. Descartes and Method in 1637. *PSA: Proceedings of the Bienal Meeting of the Philosophy of Science Association*, v. 2, p. 225-236, 1988.

GINSBURG, E. On the Logical Positivism of the Viennese Circle. *The Journal of Philosophy*, v. 29, n. 5, p. 121-129, Mar. 1932.

HATFIELD, G. Science, Certainty, and Descartes. *PSA: Proceedings of the Bienal Meeting of the Philosophy of Science Association*, v. 2, p. 249-262, 1988.

HUME D. *Enquiry Concerning Human Understanding*. 2.ed. Oxford: Oxford University Press, 1962. Seção IV, Parte II, p. 35.

KUHN, T. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 2.ed. São Paulo: Perspectiva, 1978.

LAKATOS, I. *La Metodología de los Programas de Investigación Científica*. 2.ed. Madrid: Alianza Universidad, 1993.

LAKATOS, I. *Histoire et Méthodologie des Sciences: Programmes de Recherche et Reconstruction Rationnelle*. 1.ed. Paris: Presses Universitaires de France, 1994.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como Não Escrever Sobre História da Física – um Manifesto Historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, n. 1, p. 113-129, Mar. 2001.

NEURATH, O. The Orchestration of the Sciences by the Encyclopedism of Logic Empiricism. *Philosophy and Phenomenological Research*, v. 6, n. 4, p. 496-508, Jun. 1946.

OSTERMANN, F. A Epistemologia de Kuhn. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, p. 184-196, Dez. 1996.

PELUSO, L. A. *A Filosofia de Karl Popper*. 1.ed. Campinas: Papyrus: PUCCAMP, 1995.

POPOV, P. S. The Logic of Aristotle and Formal Logic. *Philosophy and Phenomenological Research*, v. 8, n. 1, p. 1-22, Set. 1947.

POPPER, K. R. *A Lógica da Pesquisa Científica*. 1.ed. São Paulo: Cultrix, 1972.

POPPER, K. R. *El Desarrollo del Conocimiento Científico: Conjeturas y Refutaciones*. Buenos Aires: Paidós, 1983.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A Insustabilidade da Proposta Indutivista de 'Descobrir a Lei a partir de Resultados Experimentais'. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 19, n. especial, p. 7-27, Jun. 2002.

SILVEIRA, F. L. A Filosofia da Ciência de Karl Popper: O Racionalismo Crítico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, p. 197-218, Dez. 1996a.

SILVEIRA, F. L. A Metodologia dos Programas de Pesquisa: A Epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, p. 219-230, Dez. 1996b.

WERKMEISTER, W. H. Seven Theses of Logical Positivism Critically Examined. *The Philosophical Review*, v. 46, n. 3, p. 276-297, Mai. 1937.

**TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA**

- n° 1 Um Programa de Atividades sobre Tópicos de Física para a 8ª Série do 1º Grau  
Axt, R., Steffani, M. H. e Guimarães, V. H., 1990.
- n° 2 Radioatividade  
Brückmann, M. E. e Fries, S. G., 1991.
- n° 3 Mapas Conceituais no Ensino de Física  
Moreira, M. A., 1992.
- n° 4 Um Laboratório de Física para Ensino Médio  
Axt, R. e Brückmann, M. E., 1993.
- n° 5 Física para Secundaristas – Fenômenos Mecânicos e Térmicos  
Axt, R. e Alves, V. M., 1994.
- n° 6 Física para Secundaristas – Eletromagnetismo e Óptica  
Axt, R. e Alves, V. M., 1995.
- n° 7 Diagramas V no Ensino de Física  
Moreira, M. A., 1996.
- n° 8 Supercondutividade – Uma proposta de inserção no Ensino Médio  
Ostermann, F., Ferreira, L. M. e Cavalcanti, C. H., 1997.
- n° 9 Energia, entropia e irreversibilidade  
Moreira, M. A., 1998.
- n° 10 Teorias construtivistas  
Moreira, M. A. e Ostermann, F., 1999.
- n° 11 Teoria da relatividade especial  
Ricci, T. F., 2000.
- n° 12 Partículas elementares e interações fundamentais  
Ostermann, F., 2001.
- n° 13 Introdução à Mecânica Quântica. Notas de curso  
Greca, I. M. e Herscovitz, V. E., 2002.
- n° 14 Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do ensino médio  
Ricci, T. F. e Ostermann, F., 2003.
- n° 15 O quarto estado da matéria  
Ziebell, L. F., 2004.
- v.16, n.1 Atividades experimentais de Física para crianças de 7 a 10 anos de idade  
Schroeder, C., 2005.
- v.16, n.2 O microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física  
Silva, L. F. da e Veit, E. A., 2005.
- v.16, n.3 Epistemologias do Século XX  
Massoni, N. T., 2005.

- v.16, n.4 Atividades de Ciências para a 8ª série do Ensino Fundamental: Astronomia, luz e cores  
Mees, A. A.; Andrade, C. T. J. de e Steffani, M. H., 2005.
- v.16, n.5 Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein  
Wolff, J. F. de S. e Mors, P. M., 2005.
- v.16, n.6 Trabalhos trimestrais: pequenos projetos de pesquisa no ensino de Física  
Mützenber, L. A., 2005.
- v.17, n.1 Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio  
Moraes, M. B. dos S. A., Ribeiro-Teixeira, R. M., 2006.
- v.17, n.2 A estratégia dos projetos didáticos no ensino de física na educação de jovens e adultos (EJA)  
Espindola, K. e Moreira, M. A., 2006.
- v.17, n.3 Introdução ao conceito de energia  
Bucussi, A., 2006.
- v.17, n.4 Roteiros para atividades experimentais de Física para crianças de seis anos de idade  
Grala, R. M., 2006.
- v.17, n.5 Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: uma proposta para professores  
Webber, M. C. M. e Ricci, T. F., 2006.
- v.17, n.6 Unidades didáticas para a formação de docentes das séries iniciais do ensino fundamental  
Machado, M. A. e Ostermann, F., 2006.
- v.18, n.1 A Física na audição humana  
Rui, L. R., 2007.
- v.18, n.2 Concepções alternativas em Óptica  
Almeida, V. O.; Cruz, C. A. da e Soave, P. A., 2007.
- v.18, n.3 A inserção de tópicos de Astronomia no estudo da Mecânica em uma abordagem epistemológica  
Kemper, E., 2007.
- v.18, n.4 O Sistema Solar – Um Programa de Astronomia para o Ensino Médio  
Uhr, A. P., 2007.
- v.18 n.5 Material de apoio didático para o primeiro contato formal com Física; Fluidos  
Damasio, F. e Steffani, M. H., 2007.
- v.18 n.6 Utilizando um forno de microondas e um disco rígido de um computador como laboratório de Física  
Mai, I., Balzaretti, N. M. e Schmidt, J. E., 2007.
- v.19 n.1 Ensino de Física Térmica na escola de nível médio: aquisição automática de dados como elemento motivador de discussões conceituais  
Sias, D. B. e Ribeiro-Teixeira, R. M., 2008.
- v.19 n.2 Uma introdução ao processo da medição no ensino médio  
Steffens, C. A.; Veit, E. A. e Silveira, F. L. da, 2008.
- v.19 n.3 Um curso introdutório à astronomia para a formação inicial de professores de ensino

- fundamental, em nível médio  
Gonzatti, S. E. M.; Ricci, T. F. dos S e Saraiva, M. F. O., 2008.
- v.19 n.4 Sugestões ao professor de Física para abordar tópicos de Mecânica Quântica no Ensino Médio  
Soares, S.; Paulo, I. C. de e Moreira, M. A., 2008.
- v.19 n.5 Física Térmica: uma abordagem histórica e experimental  
Michelena, J. B. e Mors, P. M.
- v.19 n.6 Uma alternativa para o ensino da Dinâmica no Ensino Médio a partir da resolução qualitativa de problemas  
Facchinello, C. S. e Moreira, M. A.