



CIÊNCIAS HUMANAS

Kuhn e sua contribuição ao ensino de ciências: problematizando o uso não questionado do método*Kuhn and its contribution to science teaching: problematizing the non-questioned use of the method*Onorato Jonas Fagherazzi¹, Paula Corrêa Henning²**RESUMO**

Esse artigo discute a questão do método científico no pensamento de Thomas Kuhn. Para tanto, procura-se desenvolver uma discussão filosófica a partir das seguintes questões: Quais são os principais argumentos apresentados em prol da defesa do uso do método científico? Em contrapartida, que outros argumentos são explicitados por Thomas Kuhn contra o uso do método científico? Qual é o posicionamento de Kuhn em relação à discussão do método científico? Na defesa e discussão do emprego do método científico, delimitamos nossos fundamentos teóricos em Descartes e Kuhn. Da análise sobre aquela questão oriunda da Filosofia da Ciência, ressaltamos a importância da problematização do uso não questionado do método a fim de que não se possa engessar a mente numa ortodoxa metodologia que não traga mais dados novos.

Palavras-chave: Educação em ciência; método científico; filosofia da ciência.

ABSTRACT

The present article discusses the question of the scientific method in the thought of Thomas Kuhn. The same seeks to develop a philosophical discussion based on the following questions: What are the main arguments put forward for the defense of the use of the scientific method? In contrast, what other arguments are made explicit by Thomas Kuhn against the use of the scientific method? What is Kuhn's position on the discussion of the scientific method? In the defense and discussion of the use of the scientific method, we delimit our theoretical foundations in Descartes and Kuhn. From the analysis of that question from the Philosophy of Science, we emphasize the importance of the problematization of the unquestioned use of the method so that the mind cannot be plastered in an orthodox methodology that does not bring new data.

Keywords: Education in science; scientific method; philosophy of science.

¹ Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS, campus Bento Gonçalves/RS - Brasil. E-mail: onorato.fagherazzi@bento.ifrs.edu.br

² Universidade Federal do Rio Grande - FURG, campus Carreiros Rio Grande/RS - Brasil. E-mail: paula.c.henning@gmail.com



1. INTRODUÇÃO

Lemos em Descartes (1996, p.117) a certeza de se ter – pelo método – o encontro de “uma ciência tão necessária, [...] tendo encontrado um caminho que [...] parece tal que se deve infalivelmente achá-la”. Em outro autor contemporâneo, encontramos certo questionamento quanto à ortodoxa certeza de um método linear e fechado em si mesmo. Nas palavras de Kuhn (2011, p.242): o “‘pensamento convergente’ é tão essencial ao avanço científico quanto o divergente.” Referimo-nos posteriormente a essas duas citações como sendo “a” e “b”, respectivamente.

Cientes da importância dessa análise à Filosofia da Ciência, perguntamos: há, por meio de conhecidas revoluções científicas, uma constância do uso de um mesmo método ocasionador de uma suposta linearidade no progresso das ciências; ou, uma evolução metodológica é geradora de dadas rupturas não-lineares? Há, de fato, a obrigatoriedade do emprego do método para a evolução científica? Seguindo esses roteiros investigativos, analisamos a questão do método em suas perspectivas opostas: a defesa do uso do método, na seção 2; e os argumentos contrários ao uso do método, na seção 3. Assim sendo, na seção 4, será exposta a busca da conciliação da problematização do método no pensamento de Thomas Kuhn. Alguns apontamentos finais serão registrados na seção 5, a conclusão de nosso artigo.

2. EM DEFESA DO USO DO MÉTODO

Tivemos, pois, que abandonar a tranquila quietude de já ter decifrado o mundo. (PRIGOGINE, 1989, p.59).

Como lemos, na citação “a”, há uma plena orientação ao uso de um domínio metodológico. Mas qual foi o contexto que fomentou esse direcionamento cartesiano ao uso do método para a evolução científica? A preocupação com o uso do método para o desenvolvimento científico é uma novidade dos modernos. Em linhas gerais, a emergência da ciência moderna se deu com o advento de novas ideias científicas de Francis Bacon, Galileu Galilei e Descartes, entre tantos outros,³ na busca de aplicação do mesmo.

Para os modernos, o método jamais poderia ser posto em questão. Seria por meio dele a possibilidade real de se fazer uma rachadura entre a ciência moderna e a pré-moderna. Galileu Galilei, Francis Bacon e René Descartes chegam a ser reconhecidos como os pais da ciência moderna. Isso deve-se às descobertas obtidas por terem, respectivamente, proposto o método dedutivo-indutivo, o indutivo-experimental e o da dúvida metódica. É o próprio método que passa a legitimar as novas verdades científicas.

Não contente com as ciências de sua época, Descartes (1996) cunhou no próprio subtítulo da obra de 1637 o propósito de analisar um método para conduzir a razão na verdade das ciências. Como sabemos, o próprio título dessa obra era para ser “Projeto de uma Ciência Universal que possa elevar a nossa natureza ao mais alto grau de perfeição.” (Ibid., p.61). Inegavelmente, havia aí a defesa de um projeto de uma

³ Observamos que, de acordo com Crombie (2007, p.52), Descartes não só conhecia o trabalho de Bacon como ficou profundamente chateado com a morte do mesmo. E, reconhece nele o autor do primeiro método moderno.



ciência que não pudesse ter erros, mas fosse clara e evidente. E que, para tanto, tivesse um método tão sólido quanto as verdades Matemáticas. Ao publicar a obra *Discurso do Método para Bem Conduzir a Própria Razão e Procurar a Verdade nas Ciências*, estava profundamente convicto da importância que as regras do método tiveram para chegar às suas descobertas. Nas palavras daquele autor (Id., p. 81): “O método que ensina a seguir a verdadeira ordem e a enumerar exatamente todas as circunstâncias daquilo que se procura, contém tudo quanto dá certeza às regras da aritmética.” Ele é um caminho que antecipa o vindouro; um procedimento que introduz toda possibilidade de certezas. Essa é a própria causa daquela obra e que fundamenta a própria felicidade do autor ao redigi-la. Na sequência do parágrafo supracitado, encontramos:

Mas o que me contentava mais nesse método era o fato de que, por ele, **estava seguro** de usar em tudo minha razão, se não perfeitamente, ao melhor que eu pudesse; além disso, sentia, ao praticá-lo, que meu espírito se acostumava pouco a pouco a conceber mais nítida e distintamente seus objetos, e que não o tendo submetido a qualquer matéria particular, prometia eu mesmo aplicá-lo tão utilmente às dificuldades de outras ciências como o fizera com as da Álgebra. (Ibid., p.81, grifo nosso).

Há aí alicerçada, uma moderna compreensão científica. Nela compreendia-se que a reunião de métodos, fatos e doutrinas anteriores são fundamentais para o alcance de novos resultados. A teoria de Newton, por exemplo, foi alcançada mediante a unificação dos esforços intelectuais de Kepler e Galileu; a de Maxwell, ao fazer bom uso de estudos anteriores como os de Fresnel e Faraday; ou mesmo, de Einstein que também soube aproveitar os conhecimentos legados de Newton e Maxwell.⁴ Mas há hipóteses que não querem calar como a de que **“talvez a ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções individuais.”** (KUHN, 2009, p.21, grifo nosso). E, para tanto, esse autor analisou investigações em torno de perguntas, tais como: Quando foi descoberto o oxigênio? Quem foi o primeiro a conceber a conservação de energia? Quem de fato descobriu a luz?

Analisando para tal fim a “Física de Aristóteles, O *Almagesto* de Ptolomeu, os *Principia* e a *Óptica* de Newton, a *Eletricidade* de Franklin, a *Química* de Lavoisier, a *Geologia* de Lyell, esses e muitos outros trabalhos,” Kuhn (Id., p.30) concluiu que todas as grandes descobertas científicas não serviram a não ser “por algum tempo, para definir implicitamente os problemas e métodos legítimos de um campo de pesquisa para as gerações posteriores e praticantes da ciência.” (Ibid., p.30). Embora haja proveitosos ganhos com os desdobramentos da aplicação dessa ordem de verdades, observamos que ele não pode se fechar a novas problematizações e hipóteses. Até porque, toda nova e grande descoberta científica é como se tivesse uma ‘espécie de validade’. Ao mesmo tempo em que ela responde perguntas até então não respondidas e sintetiza o sucesso de um paradigma, deixa outras perguntas em aberto que poderão ser respondidas por futuros pesquisadores ao ser a ciência dinâmica e não estática e permanente.

⁴ Conforme Popper (1982, p.36-37).



3. PROBLEMATIZANDO O USO NÃO QUESTIONADO DO MÉTODO

Como lemos na citação “b”, há em Kuhn (2011), reconhecido filósofo da ciência e doutor em Física, um questionamento ao uso constante de um método não atualizado. E esse olhar também é importante. Sabe-se que certas “metodologias da ciência fracassaram em fornecer regras adequadas para orientar as atividades dos cientistas.” (CHALMERS, 1993, p.173). E, a ciência avançou a partir da mudança de suas antigas metodologias.

Falar de método, em alguns casos presentes na ordem do discurso moderno da ciência, como se leu na citação “a”, chegou a ser sinônimo do emprego de uma receita praticamente certa e infalível para o sucesso. Esse meio de fazer ciência chegou a ser considerado uma espécie de rígidos passos estabelecidos a serem dados nas deliberações necessárias do fazer ciência, como se tal atividade se resumisse a um determinado número de procedimentos. Contudo, se a cientificidade em ação fosse o resultado da aplicação de fórmulas completamente prontas, sua evolução não seria tão morosa e humana, mas completamente linear e sem a necessidade de novos questionamentos?

Não defendendo a supressão metodológica, mas igualmente questionador de antigas formas de concebê-lo, para Kuhn (2011), a própria História das ciências mostra que sua evolução não se dá apenas pela aplicação de regras ou observação de fatos. A ciência também pode avançar por procedimentos contrários a um método, como é o caso da invenção dos raios X.⁵ A astronomia aristotélica-ptolomaica, por exemplo, é contrária às leis de Kepler e Galileu Galilei, entre tantos outros exemplos que poderíamos aqui elencar. Para tal filósofo oriundo da Física, mesmo num espaço teórico regrado por leis, somente com uma ruptura com o mesmo se pode fazer avançar a ciência extraordinária. A uniformidade metodológica só esconde a possibilidade de emergência de novas ideias. Na verdade, o conhecimento heurístico não tem um percurso exato e preciso, mas uma multiplicidade de elementos impossíveis de serem sintetizados em poucas regras. Do contrário, apenas bastaria aplicá-las.

O renascimento científico, por exemplo, foi fruto de uma conjuntura de diferentes fatores, tais como filosóficos, políticos, artísticos e religiosos, dentre tantos outros. Não apenas por causa desses fatores socioculturais, bem como por aspectos pessoais, os próprios métodos podem ser limitados em seus alcances. Podemos pensar que trazer o questionamento para dentro do próprio método seria um atraso, mas pelo contrário: o voltar a repensar não é retroceder, mas o próprio pressuposto do poder avançar.

O próprio Bacon (1799), que instruía o seguimento ao método, já observava que enquadrar algo demais iria impedir que continuasse seu próprio crescimento.⁶ Também não se conseguiria explicar todas as criações de Galileu Galilei apenas pela

⁵ Tanto Pleitz (1996), Kuhn (2009) e Chassot (2004, p.214) consideram a descoberta dos raios X como sendo acidental. E, ocorrida quando Roentgen estudava os raios catódicos. Ao perceber que eles marcavam o papel fotográfico, Roentgen fazia testes com diferentes objetos, “quando, acidentalmente, sua mão passou em frente à válvula [...] viu seus ossos na tela. Estava descoberta uma radiação desconhecida: *os raios X.*”

⁶ “Com efeito, se se consideram as divisões e o método, elas **parecem compreender e esgotar tudo o que possa pertencer a um assunto.**” (BACON, 1799, p.54, grifos nossos).



aplicação de seu método, sem considerarmos sua fértil imaginação. Para Kuhn (2011), o progresso científico nunca é dado pela observância de regras estritas. A cega exigência das mesmas aniquilaria o próprio progresso científico. Lembramos que a penicilina foi uma descoberta acidental,⁷ bem como a da influência de correntes elétricas sobre agulhas magnéticas,⁸ e da radioatividade.⁹ No fazer ciência, uma vez que os métodos são limitados, tudo vale para superá-los e não restringi-los, cuidando para também não abrir esse leque demais a um espaço sem limites, observa Chalmers (1993). O físico, pesquisador e professor da Paris XI, Omnès (1996), também concorda com essas críticas ao seguimento não problematizado do método moderno.

Einstein, Bohr e muitos outros cientistas são exemplos de que a mente criativa os tem acompanhado em todo seu processo. E, que não há uma mera aplicabilidade de instrumentos metodológicos no procurar desenvolver novidades científicas. Nem a experimentação, nem a lógica, nem uma teoria podem limitar uma nova interpretação a ser inventiva. Como Ilya Prigogine, Nobel em Química no ano de 1977, afirma: “Só tenho uma certeza: as minhas muitas incertezas.” (PRIGOGINE, 1989, p.59). De fato, não há como não se considerar uma mente que esteja acima de um método. Para novas invenções/criações, é necessário o repensar constante, mesmo que seja contra o método já presente em uma longa tradição. Foi repensando o mesmo que emergiu a ciência moderna; ou mesmo, as contribuições dadas por Cesar Lattes na descoberta do *méson-pi*. (KOYRÉ, 1982).

4. DA IMPORTÂNCIA DO RELATIVISMO METODOLÓGICO DE THOMAS KUHN

Por ciência entendeu-se, soberanamente, durante muito tempo, um conjunto de conhecimentos necessários, universais; e, de certo modo, inalteráveis - como pretendiam os modernos Descartes (1996) e Kant (2001). Já para Kuhn (2009), a ciência é afetada por constantes revoluções que vão identificando-a como um saber estabelecido em um espaço e tempo. A todo momento podem surgir novos paradigmas que vão aperfeiçoando-a.

Essa tese é contrária a dos empiristas lógicos. Esses afirmavam que a ciência se “desenvolve cumulativamente, sem deposições. Os cientistas generalizam leis a partir de afirmações fatuais, explicam as leis por meio de teorias e incorporam teorias anteriores às mais recentes, das quais as anteriores passam a ser casos especiais.” (KNELLER, 1980, p.71). Posterior a tal escola filosófica, o racionalismo crítico surgiu quando outras epistemologias não davam mais conta de explicar as teorias da relatividade, entre outras. Tal corrente buscava apresentar uma ciência pautada por novas regras desprovidas de uma mera memorização de dados; E onde,

⁷ De acordo com Calixto e Cavalheiro (2012), Alexandre Fleming, professor e médico, fazia pesquisas com bactérias *Staphylococcus*, numa sala do Hospital Santa Maria, em Londres, quando observou que acidentalmente havia um bolor. Esse bolor causava a morte daquelas bactérias. Isolando-o, chegou a descoberta do fungo *Penicillium*.

⁸ Numa sala de aula, distante de seu laboratório e de qualquer determinismo metodológico que Hans Christian Oersted descobriu a influência de correntes elétricas sobre agulhas magnéticas. (PLEITZ, 1996).

⁹ Ao testar sais de urânio procurando ver se materiais fluorescentes não eram também emissores de raio X, Antoine Henri Becquerel, Nobel em Física, chegou acidentalmente à descoberta da radiação ao descobrir “que estes emitiam radiações que impressionavam chapas fotográficas como os raios produzidos por Röntgen.” (CHASSOT, 2004, p.214).



inegavelmente, a criticidade, além dos dogmas, também cumpre um papel importante no constructo científico. Isso porque, se o conteúdo tradicional da ciência é exposto “pelas observações, leis e teorias descritas” seguindo um método regular, seu “resultado tem sido um conceito de ciência com implicações profundas no que diz respeito à sua natureza e desenvolvimento.” (KUHN, 2009, p.20). Na esteira dessa tradição, os métodos científicos são apresentados como “simplesmente aqueles ilustrados pelas técnicas de manipulação empregadas na coleta de dados de manuais, juntamente com as operações lógicas utilizadas ao relacionar esses dados às generalizações teóricas.” (Ibid., p.20). Se assim procedesse, afirma Kuhn (2009) que o desenvolvimento das mesmas seria sempre gradativo e a própria História das mesmas apenas registraria conquistas sucessivas.

Contudo, nos últimos anos, alguns historiadores estão encontrando mais e mais dificuldades para preencher as funções que lhes são prescritas pelo conceito de desenvolvimento por acumulação. Como cronistas de um processo de aumento, descobrem que a pesquisa adicional torna mais difícil (e não mais fácil) responder a perguntas como: quando foi descoberto o oxigênio? Quem foi o primeiro a conceber a conservação da energia? **Cada vez mais, alguns deles suspeitam de que esses simplesmente não são os tipos de questões a serem levantadas. Talvez a ciência não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções individuais.** (Ibid., p.20-1, grifo nosso).

Mas, como a ciência teria se desenvolvido de modo adverso à simples acumulação dos saberes? Para Kuhn (2009), a revolução dos paradigmas passa a ser a peça central para a explicação de tal evolução científica. Mas o que é um paradigma? O paradigma é “a própria razão de ser de uma comunidade de investigação, que primeiro recebe e aceita as realizações científicas passadas, para depois ajudar a difundir o conhecimento produzido, levando adiante a tradição.” (BOMBASSARO, 1995, p.45). É, nas palavras de Kneller (1980), uma visão de mundo exposta por uma determinada teoria científica que também se propõe a investigar determinados problemas correlatos por meio de técnicas estabelecidas.

Para Kuhn (2009), há a ciência em sua fase ‘normal’ e ‘revolucionária’. Na primeira delas, a metodologia não chega a ser criticada. Como ‘boa’ novidade é compreendida, aplicada a outras situações ainda não pensadas e fornece a garantia de que novos problemas possam ser resolvidos. No caso de não ser resolvido, o abalo não está no paradigma, mas no cientista que não o resolveu. “Durante todo o século XIX, por exemplo, a precessão de Mercúrio¹⁰ foi considerada um desafio aos cientistas, mais do que um desmentido do paradigma newtoniano.” (KNELLER, 1980, p.64). Reconhecemos, entretanto, a discussão existente sobre a definição de paradigmas em Kuhn (2009). Mas, como Bombassaro (1995) apontou, na maioria das vezes, eles podem assim ser resumidas, em

¹⁰ “Em meados do século XIX, os astrônomos tinham observado que o periélio (o ponto mais próximo do sol) da órbita do planeta Mercúrio avança mais 43 segundos de arco por século do que pode ser explicado pelos efeitos perturbadores de outros planetas. A teoria geral da relatividade de Einstein previu exatamente esse desvio e explicou que é uma decorrência do fato de que, sendo o planeta mais próximo do Sol, Mercúrio gravita à sua volta mais rapidamente do que os outros, sob a maior influência do seu campo gravitacional.” (Kuhn, 2009, p.190).



toda constelação de crenças, valores, técnicas etc., partilhadas pelos membros de uma comunidade determinada. De outro, denota um tipo de elemento dessa constelação: as soluções concretas de quebra-cabeças que, empregadas como modelos ou exemplos, podem substituir regras explícitas como base para a solução dos restantes quebra-cabeças da ciência normal. (KUHN, 2009, p.220).

Mas como surgem novos paradigmas? Para Kuhn (2009), novos paradigmas surgem de revoluções tais como as de Copérnico, Newton, Darwin, Einstein, entre outras. Revoluções surgidas de crises ocasionadas pelas dificuldades de os cientistas resolverem seus problemas científicos por meio de uma lógica paradigmática anteriormente estabelecida. O agravamento dessas crises passa a caracterizá-las como anomalias. O acúmulo de anomalias passa a fomentar pesquisas a partir de outros caminhos investigativos. Neles, observamos em Kuhn (2009), um destaque também importante a uma criticidade com doses homeopáticas de um bom dogmatismo. Isso porque sua criticidade é distinta da de outros autores. É uma criticidade que não é ilimitada, não se fecha em si mesma, e não é negativa ao não ficar autocriticando-se o tempo todo. Se outros autores apresentam a crítica pelo ideal da refutação total do método, para Kuhn (2009) há uma **tensão essencial** entre o dogma e a tarefa crítica. Como analisaremos, esse é um claro sinal de que na evolução da ciência há continuísmos, mas também rupturas. Embora ele não seja um crítico radical, nessa teoria não se tem o abandono da criticidade. Ela continua recebendo um papel de destaque, pois se o cientista não tiver uma postura crítica autoafirmativa, acaba não se opondo a uma ordem de verdades já estabelecidas no contexto em que está inserido; e, muito menos no momento em que suas verdades estão em crise. Esse é um dos momentos em que a ciência normal pode se deparar a caminho da revolucionária.

Para Kuhn (2009), como vimos uma vez, a ciência normal é uma espécie de tradição na qual se instituem conceitos e problemas válidos e repelidos, a partir de uma reconhecida metodologia de pesquisas. Mas, há uma ciência que também não é meramente cumulativa e muito menos sempre a mesma. Ela é estabelecida na hegemonia de um paradigma aceito por uma comunidade de pesquisadores após um **período revolucionário**.

A crise é “como um prelúdio apropriado à emergência de novas teorias, especialmente após termos examinado uma versão em pequena escala do mesmo processo, ao discutirmos a emergência de descobertas.” (Ibid., p.117). Ela traz a experiência do pensamento, pela qual Galileu, Einstein, Bohr e outros conseguiram avanços paradigmáticos, impossíveis de serem obtidos meramente em um laboratório. Há que se reconhecer que acima da qualificação de um laboratório, estão os atributos da mente no conjunto da *práxis* científica. Logo, o processo do desenvolvimento científico não é um processo meramente cumulativo! Nas palavras de Kuhn (Id., p.116):

[A] transição de um paradigma em crise para um novo (...) está longe de ser um processo cumulativo obtido através de uma articulação do velho paradigma. É antes uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios; reconstrução que altera algumas das generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muitos de seus métodos e aplicações. Durante o período de transição, haverá uma



grande coincidência (embora nunca completa) entre os problemas que podem ser resolvidos pelo antigo paradigma e os que podem ser resolvidos pelo novo. Haverá igualmente uma diferença decisiva no tocante aos modos de solucionar os problemas. Completada a transição, os cientistas terão modificado a sua concepção da área de estudos, de seus métodos e de seus objetivos.

A resposta à crise pressupõe a “atenção científica sobre uma área problemática bem delimitada. E, ao preparar a mente científica para o reconhecimento das anomalias experimentais pelo que realmente são, as crises fazem frequentemente proliferar novas descobertas.” (Ibid., p.120). Novos paradigmas que não tem um horário marcado para sua emergência. De acordo com o mesmo autor, eles emergem repentinamente, após o problematizar de um homem, seja em seu descanso ou suas atividades de lazer.

Histórias da Química e da Física têm mostrado que foi exatamente a partir de suas crises, seus conflitos e problemas que se “abriu caminho para a emergência de novas teorias como a da relatividade.” (Ibid., p.100). Para esse mesmo autor, é confrontando as crises e anomalias que os cientistas têm as condições necessárias para modificá-las. A “ciência também se desenvolve ampliando sistematicamente uma importante teoria através da solução dos problemas que suscita.” (KNELLER, 1980, p.63). A consciência do problema (anomalia) é um pressuposto às aceitáveis mudanças nas doutrinas científicas. Em contrapartida, é na ciência normal, diz Kuhn (2009), que a História das ciências é vista como um repositório de cronologias. Se ela fosse vista de modo diferente, “poderia produzir uma transformação decisiva da imagem da ciência que atualmente nos domina.” (Ibid., p.19). Para tanto, ele lembra que “a astronomia ptolomaica estava numa situação escandalosa antes dos trabalhos de Copérnico. As contribuições de Galileu ao estudo do movimento estão estreitamente relacionadas com as dificuldades descobertas na teoria aristotélica pelos críticos escolásticos.” (Ibid., p.94). O autor também nos lembra que a própria descoberta da teoria do heliocentrismo por Copérnico foi posterior ao enfrentamento de uma grande crise astronômica.

A concepção de ciência apresentada por Kuhn (2009) é, assim, a que constantemente procura por novas resoluções. Mas, sem perder os firmes pontos de apoio já conquistados. Nas palavras do mesmo autor (Ibid., p.37), “nenhuma História natural pode ser interpretada na ausência de pelo menos algum corpo implícito de crenças metodológicas e teóricas.” A “descoberta de um novo tipo de fenômeno é necessariamente um acontecimento complexo, que envolve o reconhecimento tanto da *existência de algo*, como de sua *natureza*.” (Ibid., p.81, itálicos do autor). Para esse mesmo pensador, uma descoberta é um processo que exige observação, novos conceitos, a assimilação de uma nova teoria, e uma mudança para novos paradigmas. Nessas ciências aplicadas, a nova descoberta só surge após a estreita articulação entre a experiência e a teoria! As novas descobertas aí “incluem a consciência prévia de um problema, de um plano de conceitos, de um plano de observações e a consequente mudança de procedimentos.” (Ibid., p.89). Em outras palavras, na página noventa e um da mesma obra, o autor escreve:

[A] novidade somente surge da dificuldade [...] contra um pano de fundo fornecido pelas expectativas. [...] É com maior familiaridade que dá



origem a consciência de uma anomalia ou permite relacionar o fato a algo que anteriormente não ocorreu conforme o previsto.

Mas, apenas a ruptura crítica com antigas tradições permitiria o avanço científico? Com certeza a resposta de Kuhn (2009) seria um sonoro não. Para o mesmo autor, além da necessária criticidade há um importante espaço destinado à crença no dogma científico. Nas palavras de Kneller (1980, p.62):

Refutações evidentes são e foram frequentemente ignoradas na esperança de que se prove sua inexatidão. Galileu, por exemplo, promoveu a teoria copernicana em face do que na época parecia serem provas esmagadoramente contrárias. A teoria de Newton foi retida em face de fatos tão anômalos quanto à precessão de Mercúrio. A teoria especial da relatividade foi sustentada em face das provas contrárias de D. C. Miller, que repetiu o experimento de Michelson-Morley.

De acordo com esses últimos argumentos, observamos que, em alguns momentos da História da Ciência, a crença em determinadas teses esteve acima das críticas adversárias até ser seguida pela maior parte de cientistas e ser compreendida como um novo paradigma. O dogma desempenhou um espaço necessário ao êxito de tais novidades empreendidas. Lembremo-nos da teoria do heliocentrismo, inicialmente contestada pela maioria, continua pujante até nossos dias.

Logo, como defende Kuhn (2009, p.22), a partir de seus estudos das obras de Alexandre Koyré, a “ciência não parece em absoluto ser o mesmo empreendimento que foi discutido pelos escritores da tradição historiográfica mais antiga. Pelo menos implicitamente, esses estudos históricos sugerem a possibilidade de uma nova imagem da ciência”. Uma nova imagem contendo outros conceitos e explicações, como a do método científico. Buscando aproximar teorias de fatos científicos, aqui ela não é compreendida como estática, mas dinâmica; e, muito menos, restrita às observações empíricas. Acidentes de percurso também compuseram elementos de sucesso em descobertas e invenções já estabelecidas. Unicamente reconhecer a observação como critério cientificamente válido restringe drasticamente o alcance de suas verdades admissíveis. A simples observação do experimento, não pode “determinar um conjunto específico de semelhantes crenças. Um elemento aparentemente arbitrário, composto de acidentes pessoais e históricos, é sempre um ingrediente formador das crenças esposadas por uma comunidade científica específica.” (Ibid., p.22).

Isso não quer dizer que Kuhn seja metodologicamente anárquico em seu pensamento. Muito pelo contrário, afirma que “nenhuma História natural pode ser interpretada na ausência de pelo menos algum corpo implícito de crenças metodológicas e teóricas interligadas que permita seleção, avaliação e crítica.” (Ibid., p.37). Há um reconhecimento de que um caminho investigativo sempre é necessário.

A existência dessa sólida rede de compromissos ou adesões - conceituais, teóricas, metodológicas e instrumentais - é fonte principal da metáfora que relaciona ciência normal à resolução de quebra-cabeças. Esses compromissos proporcionam ao praticante de uma especialidade amadurecida regras que lhe revelam a natureza do mundo e de sua ciência, permitindo-lhe assim concentrar-se com segurança nos



problemas esotéricos definidos por tais regras e pelos conhecimentos existentes. Nessa situação, encontrar a solução de um quebra-cabeça residual constitui um desafio pessoal para o cientista. Nesse e noutros aspectos, uma discussão a respeito dos quebra-cabeças e regras permite esclarecer a natureza da prática científica normal. Contudo, de um outro ponto de vista, esse esclarecimento pode ser significativamente enganador. Embora obviamente existam regras às quais todos os praticantes de uma especialidade científica aderem em um determinado momento, **essas regras não podem por si mesmas especificar tudo aquilo que a prática desses especialistas tem em comum.** (Ibid., p.66, grifo nosso).

Portanto: A existência de um paradigma não condiciona o estrito seguimento de regras já estabelecidas ao se pretender fazer ciência.¹¹ Não há como descortinar novos horizontes sem questioná-los, mapeá-los, investigá-los. Eles são seguros pontos de apoio pelos quais acontecem as revoluções científicas, por mais que seus percursos nem sempre sejam os mesmos.

Mudanças de atitude em relação ao papel do fogo nas análises químicas tiveram uma importância capital no desenvolvimento da química do século XVII. Helmholtz, no século XIX, encontrou grande resistência por parte dos fisiologistas no tocante à ideia de que a experimentação Física pudesse trazer esclarecimentos para seu campo de estudos. Durante o mesmo século, a curiosa História da cromatografia apresenta um outro exemplo da persistência dos compromissos dos cientistas com tipos de instrumentos, os quais, tanto como leis e teorias, proporcionam as regras do jogo para os cientistas. Quando analisamos a descoberta dos raios X, encontramos razões para compromissos dessa natureza. (Ibid., p.64).

Para o mesmo pensador, as discussões em torno das mudanças de método, geralmente, são frequentes e profundas em períodos que antecedem novos paradigmas.¹² São esses momentos de crise que também pressupõem uma criticidade heurística possibilitadora da abertura de novos caminhos. Na “manufatura, como na ciência - a produção de novos instrumentos é uma extravagância reservada para as ocasiões que a exigem.” (Ibid., p.105). A criticidade é fermento ativo nesse processo, até porque deserções também precisam acontecer. Sem ela, as revoluções científicas também não ocorreriam. Reconhecemos, assim, uma tensão essencial nas atividades metodológicas do cientista antes mesmo do confronto entre diferentes paradigmas - hegemônicos *versus* emergentes. São momentos de crise como esse que provocam o enfraquecimento de antigas regras dadas para a solução de problemas e a possibilidade da inserção de outras. Em outras palavras,

A transição de um paradigma em crise para um novo, do qual pode surgir uma nova tradição de ciência normal está longe de ser um processo cumulativo obtido através duma articulação do velho paradigma. É antes uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios, reconstrução que altera algumas das generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muitos de seus

¹¹ Além de Kuhn (2009), Polanyi (1958) também é defensor dessa tese.

¹² O “período pré-paradigmático, em particular, é regularmente marcado por debates frequentes e profundos a respeito de métodos, problemas e padrões de solução legítimos.” (KUHN, 2009, p.72-73).



métodos e aplicações. Durante o período de transição haverá uma grande coincidência (embora nunca completa) entre os problemas que podem ser resolvidos pelo antigo paradigma e os que podem ser resolvidos pelo novo. Haverá igualmente uma diferença decisiva no tocante aos modos de solucionar os problemas. Completada a transição, os cientistas terão modificado a sua concepção da área de estudos, de seus métodos e de seus objetivos. (Ibid., p.116).

Reiterando a importância das problematizações, incentiva o autor, a suspeitar de uma imagem de uma ciência linearmente cumulativa. Uma suposta imagem paradigmática que em si já traria problemas, conceitos e métodos de pesquisa. Novos resultados científicos, contudo, são “menos um produto de novas experiências que da tentativa de reinterpretar observações.” (Ibid., p.139). A concepção metodológica, de Kuhn (2009), portanto, não é nunca fixada apenas por meio de regras anteriormente estabelecidas. Isso porque são as modificações nos modelos científicos que se sobrepõem às doutrinas científicas e aos seus problemas e teorias, que podem transformar a cientificidade em questão. Logo, há nessa perspectiva filosófica a compreensão de tais mudanças científicas perpassarem por uma nova compreensão de método. Um método não mais engessado, mas flexível e reconhecedor da importância dos antigos saberes de suas áreas de domínio; mas, que não necessariamente se atém a eles. O que faz visualizar novos paradigmas é a própria inversão das lentes, nos diz Kuhn (2009). O que não quer dizer o abandono total de seus experimentos, mas passar a vê-los com outros olhares. Nesse processo paradigmático, a interpretação é de fundamental importância ao cientista inovador. Era o mesmo pêndulo que balançava diante dos olhos de Galileu Galilei e outros homens da mesma época; mas, não as suas ideias investigativas!

Direi desde logo que esta concepção muito corrente do que ocorre quando os cientistas mudam sua maneira de pensar a respeito de assuntos fundamentais não pode ser nem totalmente errônea, nem ser um simples engano. É antes uma parte essencial de um paradigma filosófico iniciado por Descartes e desenvolvido na mesma época que a dinâmica newtoniana. (Ibid., p.158).

Conhecedores que, de acordo com Kuhn (Id., p.159), “uma revolução científica não é totalmente redutível a uma reinterpretação de dados estáveis e individuais,” entendemos a defesa de um novo método. Um novo método que não se feche a uma única interpretação de dados, em face de um modelo disciplinar em que este se insere. O mesmo não ignora as regras, mas “tal como num jogo de quebra-cabeça, não é suficiente juntar as peças, [...] pois é necessário encaixá-las de acordo com o formato particular de cada uma delas.” (TOZZINI, 2014, p.82). E alega que tanto o cientista, como o jogador de *puzzle*, em inglês, possuem objetivos, regras e habilidades a serem aprimoradas.

O cientista é o que igualmente resolve quebra-cabeças. E, ao buscar resolvê-los, é comparado à atividade do enxadrista que, a cada movimento do adversário, precisa sempre pensar novas estratégias alternativas para o alcance do êxito desejado.¹³ O autor lembra que Einstein teve a atividade de repensar vários conceitos e teorias para

¹³ Nas palavras de Tozzini (2014, p.82): “Quando há um quebra-cabeça desafiador, os esforços dos cientistas são voltados a resolvê-lo da melhor maneira possível. Segundo Kuhn, o cientista se assemelha a um enxadrista que está testando suas habilidades, e não as regras de um jogo.”



expor sua nova concepção de universo a partir da análise de antigas teorias. É por meio da ciência normal que a comunidade científica explora potencialidades, teorias e isola novos problemas a serem pesquisados. O “resultado do trabalho criador bem sucedido é o progresso.” (KUHN, 2009, p.159). A evolução da ciência não é alcançada por nenhuma fórmula mágica, mas também não o é por nenhum momento completamente imprevisto. Sabemos que

o cientista precisa estar preocupado com a resolução de problemas relativos ao comportamento da natureza. Além disso, embora essa sua preocupação possa ter uma amplitude global, os problemas nos quais trabalha devem ser problemas de detalhe. Mais importante ainda, as soluções que o satisfazem não podem ser meramente pessoais, mas devem ser aceitas por muitos. Contudo, o grupo que as partilha não pode ser extraído ao acaso da sociedade global. Ele é, ao contrário, a comunidade bem definida formada pelos colegas profissionais do cientista. (Ibid., p.212, grifo nosso).

Problemas esses que, assim, estariam, como em Descartes, na gênese do método por meio da generalização da dúvida. Uma dúvida que trouxe a ele certezas e reconhecimentos a partir de novas posições adotadas. Novas posições assumidas por Descartes em um contexto que poderia custar sua própria vida, mas que não deixaram de serem assumidas.

Direi desde logo que esta concepção muito corrente do que ocorre quando os cientistas mudam sua maneira de pensar a respeito de assuntos fundamentais não pode ser nem totalmente errônea, nem ser um simples engano. É antes uma parte essencial de um paradigma filosófico iniciado por Descartes. (Ibid., p.158).

Sem negar a importância de certo emprego metodológico na descoberta científica, Kuhn (2009) ao defender-se das acusações de irracional ou subjetivista, insere no posfácio uma nova seção em que defende um importante conceito de Polanyi (1958): o do conhecimento tácito. Importante por demonstrar que a ciência também é desenvolvida por habilidades práticas difíceis de serem explicadas, mas com um olhar que também pode partir de ‘possessões’ analisadas por uma coletividade bem-sucedida. Há aqui um forte reconhecimento da socialização de problemas e ideias que possam vir a superar a defasagem de certo paradigma. E defendemos que, ao propor isso, não está se “referindo a uma forma de conhecimento menos sistemática ou menos analisável que o conhecimento baseado em regras, leis ou critérios de identificação.” (KUHN, 2009, p.240).

O autor continua defendendo-se ao afirmar que sua teoria seria mal-entendida se fosse exposta por meio de regras. Por fim, reivindica o direito de manter a ideia de que a ciência progride por uma sucessão de paradigmas sem apresentar uma hierarquia de critérios e sem se opor totalmente aos que os apresentam. Em primeiro lugar, porque diferentes pessoas podem ter diferentes sensações e interpretações frente aos mesmos fatos problematizados. Em segundo lugar, porque a cultura e a educação também interferem nas visões de mundo de cada sujeito. Observe “que dois grupos cujos membros têm sistematicamente sensações diferentes ao captar os mesmos estímulos vivem, *em certo sentido*, em mundos diferentes” (Ibid., p.241,



grifos do autor), razão pela qual se justifica, em últimas instâncias, esse relativismo metodológico.

Apesar de ser muito tentador o estabelecimento de regras metodológicas, esse exercício pode estar se relacionando com o que “não temos controle. Nesse caso, não é adequado concebê-lo como algo que podemos manejar através da aplicação de regras e critérios.” (Ibid., p.242). Kuhn (2009) acredita que não temos regras milagrosas para se produzir conhecimento científico, mas claro que não é por um completo descaso às mesmas que se produz ciência. Do contrário, “um grupo de físicos nucleares seria incapaz de sobreviver como grupo científico caso fosse incapaz de reconhecer os traços de partículas alfa e elétrons.” (Ibid., p.244). Ou mesmo em outro dado exemplo, há muitos conhecimentos pressupostos antes de se poder resolver novos problemas que envolvam campos eletromagnéticos. É um claro sinal de que não há nenhuma receita pronta para se avançar cientificamente, mas certos pressupostos lhes são imprescindíveis. Em outras palavras, afirma Kuhn (Id., p.243, grifos nossos):

Ao contrário da impressão predominante, **a maioria das novas descobertas e teorias na ciência não é um mero incremento ao estoque acumulado de conhecimento científico**. Para assimilá-las, o cientista comumente tem de **rearranjar o equipamento intelectual** e manipulativo em que confiava, descartando alguns elementos de sua crença e de sua prática anterior e, ao mesmo tempo, encontrando novos significados e novas relações com outros. **Visto que o antigo deve ser reavaliado e reordenado na assimilação do novo, a descoberta e a invenção nas ciências são, em geral, intrinsecamente revolucionárias.**

Logo, abertura mental e flexibilidade metódica são elementos que não podem faltar para que uma pesquisa não permaneça mais em sua zona de convergência. O viés histórico das ciências nos mostra que o caminho da descoberta científica não é uma marcha praticamente mecânica do intelecto e, portanto, depende de inovações metodológicas. (Ibid., p.160). Não queremos ignorar a importância do conhecimento convergente, mas defendemos com o mesmo autor que grandes avanços científicos pressupuseram inovações metodológicas. Para o mesmo autor, o mero acúmulo de conhecimentos da pesquisa normal não é sinônimo de progressos científicos. Ele depende de um constante repensar em seus problemas, técnicas e nas possíveis formas de resolução de enigmas.

Mas, se para Kuhn, a ciência não é linearmente cumulativa então ela seria ocasionada apenas por rupturas cognitivas? As novas descobertas não surgem do “*ex novo*” [o mesmo que, ‘do nada’], nos diz o autor. Ao “contrário, [elas] emergem de outras teorias e no interior de uma matriz de velhas crenças sobre os fenômenos que o mundo contém e *não contém*”. (Id., p.250, grifos do autor). Há um conjunto de saberes necessários para se compreender uma teoria, localizar problemas a serem solucionados e um caminho ainda a percorrer. Em outras palavras,

O cientista produtivo deve ser um tradicionalista que aprecia jogos intrincados com regras pré-estabelecidas a fim de se tornar eventualmente um bem-sucedido inovador que descobre novas regras e novas peças com as quais jogá-los. (Id., p.253).



O método é, nessa perspectiva, um caminho, mas que nem sempre é exatamente o mesmo. Ele pode ter atalhos e outras maneiras de ser alcançado. Logo, ele precisa constantemente ser repensado ao estar envolto numa contínua tensão essencial. (Ibid.).

5. CONCLUSÃO

Compreender a própria evolução científica é um problema da Filosofia da Ciência recentemente analisado e debatido na *Estrutura das Revoluções Científicas*. Como se analisou em Descartes, alguns consagrados cientistas modernos já se preocupavam muito com o fazer ciência para dominar a natureza. O método era um meio de se alcançar as verdades científicas, mas não discutiam a possibilidade de poder modificá-lo ou mesmo abandoná-lo ao longo de uma pesquisa. Como se pode consultar na obra de Descartes (1996), uma vez de ele ter tido novidades científicas pelo emprego duma metodologia própria, prefacia *Meteoros*, *Dióptrica* e *Geometria* explicitando uma apologia ao mesmo.

De fato, como se leu na citação “a”, Descartes, ao compreender a ciência como um projeto universal, concebia naquela ideação científica algo que não pudesse deixar qualquer dúvida. Algo que fosse certo e indubitável. Para tanto, ao previamente ter analisado o método da Lógica, da Geometria e da Álgebra, formulou o seu. (CROMBIE, 2007). Diz que pela aplicação do mesmo, chega a fecundos resultados, como se sintetiza a seguir. Na Matemática, além de ter criado o plano cartesiano, apresentou uma nova geometria analítica. Como já vimos uma vez, Descartes substituiu “os símbolos cossistas antigos pelas letras do alfabeto, [...] $a, b, c; x, y, z$, notação utilizada ainda hoje; [...] os termos ‘quadrado’, ‘cubo’ etc. por expoentes numéricos.” (MAHONEY, 2007, p.603, grifo do autor). Na dióptrica, que é a parte da Física que estuda a refração da luz, se Snell é o primeiro a reconhecê-la, é Descartes quem enuncia a fórmula para se calcular seu índice. Na Mecânica, fez estudos sobre o impacto, a força centrífuga, a oscilação e os sistemas de roldanas. Embora não os tenha solucionado, é a partir desses estudos que posteriormente esses problemas serão resolvidos por outros cientistas. (Id., 2007).

Após tais contribuições de Descartes pelo emprego de um método, é mais do que justa uma questão final: o método ajuda ou atrapalha? Ao ter Descartes (1996) mencionado a importância do método e ter chegado a tantos novos resultados, não se tem dúvidas de sua relevância. Contudo, seguindo Kuhn (2009; 2011) não se corrobora com a tese radical do seguimento rígido de um método fechado em si mesmo e duvidamos também do seu contrário. Caso o sucesso da ciência se devesse apenas ao método, haveria uma linearidade contínua no progresso e evolução das ciências. Contudo, tal linearidade não existe. Apenas em alguns períodos podemos observar que o prosseguimento de um mesmo método tenha favorecido diferentes pesquisadores, como é o caso de Maestlin, Brahe e Kepler - apenas a título de ilustração. Logo, o oposto de que apenas haja uma evolução por meio de rupturas também não é completamente verdadeiro. Observamos o próprio Descartes (1996) expor o emprego de um método estritamente racionalista, mas fazer experimentos em outras áreas do saber. Na Fisiologia, ele chegou a fazer a dissecação de embriões de gado e gato, a fim de analisar a digestão, o movimento do coração, os nervos e a



glândula pineal. Ao conceber o homem como uma máquina, também influenciará Thomas Bartholin e Nicholas Steno, que fez meticulosas pesquisas anatômicas na contração muscular. Nessa área ele também teve êxitos, pois sem ele, “a introdução da linguagem Mecânica nas concepções fisiológicas do século XVII teria sido inconcebível.” (BROWN, 2007, p.613).

Ressaltamos, assim, que Kuhn (2009) estaria certo ao afirmar que a evolução científica seria dada por diferentes paradigmas que passam por períodos de crise, reformulações metodológicas, revoluções de saberes e nova normalidade. Diferentes conjuntos de saberes possuem distintas peculiaridades de análises. Mas, elas nunca são totalmente padronizadas; pois, com o passar do tempo, os paradigmas sucessivamente podem ir se transformando e provando que a ciência não é estática, mas dinâmica. Desse modo, nessa perspectiva, objetamos uma suposta discursividade linear que o “positivismo sempre apresentou na História das ciências, como um progresso contínuo tornado possível pelo caráter cumulativo dos saberes produzidos.” (JAPIASSÚ, 2007, p.98-99). Como o físico e professor norte-americano de ciências, Kuhn (2009, p. 13, grifo nosso) afirma, salientamos que

[...] as realizações científicas universalmente reconhecidas, **durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência.** Quando esta peça do meu quebra-cabeça encaixou no seu lugar, um esboço preliminar deste ensaio emergiu rapidamente.

Por fim, a ciência não é feita por máquinas, mas por mentes que pensam, raciocinam, investigam, duvidam, testam, comprovam, etc. Só a razão e o raciocínio não bastam, e muito menos unicamente a empiria. Ela é uma “maravilhosa construção da mente humana.” (CHASSOT, 2004, p.7). Uma construção que está acima de qualquer fato ou conclusão da mera empiria. Como Kant (2001) já apresentava, é antes pelos juízos sintéticos *a priori* que ocorreram as revoluções científicas já conhecidas até então. O próprio Descartes (1996, 1985), embora dê tanta ênfase ao emprego de um método para a construção das ciências, também reconhece nas *Regras para a Direção do Espírito*, o papel da intuição que sempre o acompanhou. Basta se lembrar: “onde os aristotélicos viram um corpo pesado impedido de cair, Galileu viu um pêndulo. Onde Priestley tinha visto ar deflogisticado e outros não tinham visto nada, Lavoisier viu oxigênio.” (KNELLER, 1980, p.66). Como se pode ler no texto de Einstein (1981, p.46): “Não existe nenhum caminho lógico que nos conduza (às grandes leis do universo). Elas só podem ser atingidas por meio de intuições baseadas em algo semelhante a um amor intelectual pelos objetos da experiência”. A cientificidade pressupõe um inegável espírito criativo inventivo e não mentes que apenas imitem padrões culturalmente já determinados por antigas tradições epistemologicamente estabelecidas.

Seguindo uma vertente crítica à ordem moderna, por meio de uma atenta análise das mudanças de paradigmas estabelecidos por distintas revoluções científicas, se para o Positivismo Lógico havia uma inquestionada objetividade da ciência, Kuhn (2009; 2011) foi muito importante, especialmente em suas problematizações à sacralização de tal certeza; e, pelos questionamentos a uma antiga tradição de ensino científico. Para ele, o progresso da ciência não é isolado, mas também dado pela interação curiosa e inventiva entre os membros de uma comunidade de cientistas; em geral, seguidores e questionadores de uma antiga tradição. Através dessa nova visão



científica proposta, ele defende que rupturas e continuísmos podem e devem ser explicitados pela História e Filosofia da Ciência. (BRUCE; SWAN, 2013). Nas palavras de Tozzini (2014, p.85), “Kuhn estava interessado em desvincular o método científico de procedimentos apodíticos, comparados a algoritmos, os quais, uma vez aplicados, ditariam o rumo preciso da ciência”. O que não quer dizer, como observamos, que não haja um método, ou passos demarcados na ciência normal em prol do avanço científico, mas que tais dados não o prendam a um sistema de análises fechado em si mesmo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros:

BACON, Francis. **Novum Organum**. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1979.

BARÔNIO, Cesar. **Annales ecclesiastici**. Roma: [s.n.], 1602.

BOMBASSARO, Luiz Carlos. **Ciência e mudança conceitual**: notas sobre Epistemologia e História da Ciência. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1995.

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

CHASSOT, Áttico. **A ciência através dos tempos**. 2. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004.

DESCARTES, René. **Regras para a direção do espírito**. Lisboa: Edições 70, 1985.

DESCARTES, René. **Discurso do Método**. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

EINSTEIN, Albert. **Albert Einstein**: Philosopher Scientist. Nova Iorque: DPW, 1951.

EINSTEIN, Albert. **Como vejo o mundo**. São Paulo: Nova Fronteira, 1981.

JAPIASSÚ, Hilton. **Como nasceu a ciência moderna**. Rio de Janeiro: Imago, 2007.

KANT, Immanuel. **Crítica da Razão Pura**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

KNELLER, George. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

KOYRÉ, Alexandre. **Do Mundo Fechado ao Universo Infinito**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1979.

KOYRÉ, Alexandre. **Estudos de História do pensamento científico**. São Paulo: Forense Universitária, 1982.

KUHN, Thomas. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2009.

KUHN, Thomas. **A tensão essencial**. São Paulo: UNESP, 2011.

OMNÈS, Roland. **Filosofia da Ciência contemporânea**. São Paulo: Unesp, 1996.

POLANYI, Michael. **Personal Knowledge**. Chicago: University of Chicago Press, 1958.

POPPER, Karl. **Conjecturas e refutações**. Brasília: UnB, 1982.



SCHMITT, Jean-Claude; LE GOFF, Jacques. **Dicionário temático do Ocidente Medieval**. São Paulo: EDUSC, 2002.

TOZZINI, Daniel Laskowski. (2014). **Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn: conceitos de racionalidade científica**. São Paulo: Atlas, 2014.

Capítulos de livros:

BRUCE, Michael; Swan, Liz. Kuhn e os argumentos da incomensurabilidade. In: BRUCE, Michael; BARBONE, Steven (orgs.). **Os 100 argumentos mais importantes da filosofia ocidental**. São Paulo: Cultrix, 2013.

BROWN, Theodore. Fisiologia. In: GILLISPIE, Charles (org.). **Dicionário de Biografias Científicas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.

MAHONEY, Michael S. Matemática e Física. In: GILLISPIE, Charles (org.). **Dicionário de Biografias Científicas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.

PRIGOGINE, Ilya. Entrevista com Ilya Prigogine. In: LE MONDE. **Ideias contemporâneas** (entrevistas diversas). São Paulo: Ática, 1989.

Periódicos:

CALIXTO, Carolina Maria Fioramonti; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes. Penicilina: efeito do acaso e momento histórico no desenvolvimento científico. **Química Nova na Escola**, Rio de Janeiro, v.34, n.3, p.118-123, 2012.

PLEITZ, Vicente. O Acaso, o preconceito e o método científico em Física. **Revista Brasileira de Física**, São Paulo, v.18, n.4, p.355-361, 1996.

Monografias, teses e dissertações:

HENNING, Paula Corrêa. **Efeitos de sentido em discursos educacionais contemporâneos: produção de saber e moral nas Ciências Humanas**, 2008. 282 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo, 2008.

Submetido em: **19/11/2018**

Aceito em: **24/03/2020**