

Discutindo natureza da ciência a partir do esquema de Toulmin: contribuições para o ensino de física

Discussing the history and nature of science through the Toulmin argument pattern: contributions to physics teaching

Clair de Luma Capiberibe Nunes^{1*}, Wellington Pereira de Queirós¹, Luiz Gonzaga Roversi Genovese², Nádia Cristina Guimarães Errobidart¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Bloco V – Rua UFMS - Vila Olinda– CEP 79070-900 - Campo Grande, MS, Brasil.

² Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás

*E-mail: ricardo.capiberibe@ufms.br

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

Resumo

O Esquema de Toulmin é um diagrama para analisar argumentos monológicos proposto por Stephen Toulmin em sua obra paradigmática *Os Usos dos Argumentos*, sendo de grande utilidade para os estudos em análise argumentativa e lógica informal. Suas potencialidades para o ensino de ciências vêm sendo explorados na literatura. Nesse ensaio, mostramos como o esquema de Toulmin pode ser utilizado como ferramenta didática para discutir tópicos de história e natureza da ciência e também para análise de discursos apresentados em matérias jornalísticas, textos de divulgação científica e congêneres. Para tornar mais clara a nossa exposição, mostramos como o Esquema de Toulmin captura elementos essenciais da estrutura das teorias científicas e da construção do conhecimento científico, em seguida, mostramos como ele é um dispositivo útil para a inserção de história da ciência na sala de aula a partir do estudo da Primeira Lei de Kepler.

Palavras-chave: Ensino de ciências; Epistemologia da ciência; Análise argumentativa; Primeira lei de Kepler.

Abstract

The Toulmin Argument Pattern is a diagram to analyse monoloagal arguments proposed by Stephen Toulmin in his paradigmatic work *The Uses of Arguments*, being very useful for studies in argumentative analysis and informal logic. Its potential for science teaching has been explored in the literature. In this essay, we show how the Toulmin Argument Pattern can be used as a didactic tool to discuss topics in the history and nature of science and also to analyse discourses presented in journalistic articles, scientific dissemination texts and the like. To make our exposition clearer, we show how the Toulmin Argument Pattern captures essential elements of the structure of scientific theories and the construction of scientific knowledge, then we show how it is a useful device for inserting the history of science in the classroom from the study of Kepler's First Law.

Keywords: Science teaching; Epistemology of science; Argumentative analysis; Kepler's first law.

* Nome civil: Ricardo Capiberibe Nunes, a autora é travesti.

I. INTRODUÇÃO

O Esquema de Toulmin (Toulmin Argument Pattern – TAP) é um diagrama para analisar argumentos monológicos (Nascimento, Vieira, 2008), proposto por Toulmin (2001) para o estudo de discursos, conversas e argumentos formais e informais. Por essa razão, o Esquema de Toulmin de argumentação tornou-se um importante elemento estudado em análise argumentativa e lógica informal (Jiménez-Aleixandre, Brocos, 2015). Recentemente, alguns pesquisadores na área de educação em ciências e matemática tem explorado as suas potencialidades para o ensino de ciências (Nascimento, Plantin; 2009; e.g. Nascimento, Vieira, 2008; Silva et al, 2011; Nunes, Almouloud, 2013; Sá, Kasseboehmer, Queiroz, 2014; Jiménez-Aleixandre, Brocos, 2015; Silva, Silva, 2016);

Em geral, nesses trabalhos são os educandos que constroem os Esquemas de Toulmin para resolver questões-problemas. A nossa proposta complementa essas abordagens, pois propomos maneiras que o educador científico pode usar o Esquema de Toulmin para realizar discussões sobre Natureza da Ciência e para conduzir investigações históricas, destacando os elementos sociais e culturais da produção científica, superando a visão ingênua e deformada que a ciência é o produto da aplicação do método científico algorítmico, universal, único e infalível (Moreira, Ostermann, 1993; McCommas, 1996; Gil-Perez *et al*, 2001; Moreira, Massoni, 2016a; Chalmers, 2017). Para tornar mais clara a nossa exposição, inicialmente mostraremos como a própria estrutura do Esquema de Toulmin captura a compreensão hodierna sobre a estrutura das teorias e da natureza científica, depois mostraremos como este esquema pode ser usado para conduzir uma investigação histórica a partir de um breve estudo da Primeira Lei de Kepler.

II. O ESQUEMA DE TOULMIN

Nessa seção faremos uma breve apresentação do Esquema de Toulmin. Para tal, apresentaremos uma versão resumida, a partir de um exemplo utilizado pelo próprio Toulmin (2001).

Suponha que alguém nos diga: “Provavelmente, Harry, nativo das Bermudas, é um súdito britânico”. Se perguntarmos a essa pessoa, como ele tem tanta certeza sobre essa conclusão (Q, C), ela nos explicaria que, “Harry nasceu nas Bermudas”, esse é um dado factual (D) e já que “aqueles que nascem nas Bermudas serão súditos britânicos”, essa é a lei que autoriza passar dos dados factuais (D) a conclusão (C): “Harry, nativo das Bermudas, é um súdito britânico”, nós chamaremos de Garantia (W). Embora a explicação seja razoável, não estamos ainda plenamente convencidos, o que justifica a Garantia (W)? Pedimos, então, ao nosso interlocutor que nos forneça um Apoio (B) a sua Garantia (W). Então, ele nos responde que está levando em consideração “os estatutos e outros dispositivos legais”. Porém, a Conclusão (C) é um enunciado universal, pois não admite exceção, enquanto o enunciado (Q, C) é contingente. A esse respeito nosso interlocutor dirá: “pode ser o caso de Harry, a exemplo de Einstein, ter abdicado de sua nacionalidade e se naturalizado americano ou seus pais serem estrangeiros”, nesse caso Harry não é um súdito britânico, trata-se da Exceção (Restrição) (R) à Garantia (W), autorizada pelo Apoio (B). Por isso o interlocutor acrescentou um quantificador que nos diga qual a probabilidade (força) de nossa conclusão. Esse quantificador é chamado de Quantificador Modal (Q). Suponha que nosso interlocutor pesquisou sobre a população das Bermudas e constatou que são muito poucos os nativos desta nação cujos pais sejam estrangeiros ou que se naturalizaram americano, ele concluiu que a Conclusão (C) é Provável (Q). A figura 1, sintetiza o Esquema de Toulmin:

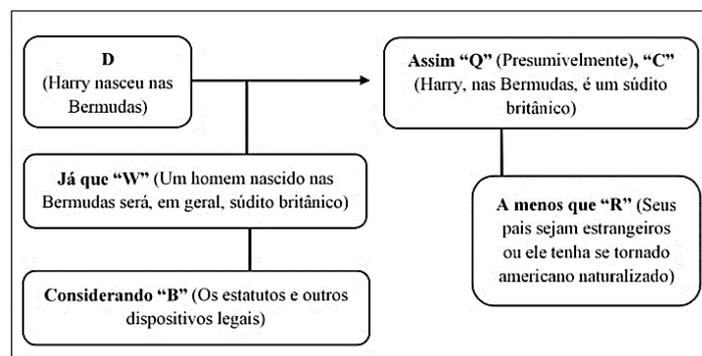


FIGURA 1. Exemplo Paradigmático do uso do Esquema de Toulmin de Argumentação. Fonte: Toulmin (2001, p. 151).¹

¹ Convém salientar, que para Toulmin (2001), a lei de passagem (W), deriva apenas do apoio (B) e este é independente dos Dados Factuais (D). Para Toulmin (2001) a Conclusão (C) é o resultado do cruzamento do elemento subjetivo, que depende da ação criativa do sujeito (W), com o elemento objetivo e as coerções passivas que o objeto impõe ao sujeito (D) e uma gramática, isto é, um conjunto de regras e convenções (B). É dessa forma que devemos ler as figuras envolvendo o esquema de Toulmin.

III. DISCUTINDO NATUREZA DA CIÊNCIA COM O ESQUEMA DE TOULMIN

A partir do exemplo apresentado na figura 1, podemos realizar algumas discussões importantes sobre a Natureza da Ciência. Embora o indutivismo tenha degenerado enquanto programa de pesquisa (Dutra, 2017), ainda é persistente no ensino de ciências essa concepção da natureza da ciência (Moreira, Massoni, 2016a). Usando o Esquema de Toulmin podemos problematizar o indutivismo e introduzir elementos de epistemologia da ciência. Nessa seção, sugerimos duas abordagens: uma crítica ao indutivismo que recupera elementos das epistemologias contemporâneas, com ênfase na estrutura de teorias (enunciados universais sobre o mundo); e um exemplo envolvendo ciências experimentais e aplicadas, onde os elementos probabilísticos e enunciados singulares não podem ser negligenciados.

A. Críticas ao Indutivismo

Em nosso exemplo sobre Harry, a Conclusão (C) é uma síntese de dois elementos: os dados factuais ou empíricos e uma lei da passagem que está apoiada em conjunto de leis. Contudo, não é possível derivar dos Dados (D) a lei de Passagem (W) ou o Apoio (B). Assim como, os Dados (D) isolados não permitem chegar a nenhuma Conclusão (C), salvo uma tautologia² de D. É a Garantia (W) que enriquece a Conclusão (C). Será que ele se aplica a construção de teorias científicas?

A princípio pensou-se que a construção do conhecimento científico daria por uma via indutiva. O acúmulo de informações, confrontações e a análise cautelosa, permitiriam eliminar os acidentes e chegar as verdades essenciais e seguras. Para os indutivistas, a coleta de dados (D) levaria a leis (ou teorias) B de onde seriam derivados por dedução formal as consequências W que sobre certas condições experimentais (E), levariam a Conclusões (C) seguras. Esse é o esquema, ainda muito difundido de forma equivocada, do Método Científico.

Ocorre que esse método indutivo é uma descrição inadequada dos procedimentos científicos (McComas, 1996, Gil-Perez *et al*, 2001, Köche, 2015). Como mostram Silveira & Ostermann (2002) em um ensaio, que pode ser discutido nas aulas de física e na formação de professores, é insustentável a proposta indutivista de ser derivar uma lei a partir do experimento. Toda observação é condicionada por nossas concepções prévias (Chalmers, 2017). Como argumentou Popper (1975, 2008) as nossas teorias são como redes que lançamos para capturar o mundo (D). Kuhn (2017), a partir de seu exame histórico, mostrou que a toda a leitura de dados (D) é orientada por uma matriz disciplinar, um paradigma, que diz o que é e o que não é relevante e como interpretar as informações do mundo.

Quando observo “alguma coisa”, é preciso sempre que eu “a” descreva. Para tanto, utilizo uma série de noções que eu possuía antes; estas se referem sempre a uma representação teórica, geralmente implícita. Sem essas noções que me permitem organizar a minha observação, não sei o que dizer. E, na medida em que me faltaria um conceito teórico adequado, sou obrigado a apelar a outros conceitos básicos: por exemplo, se quero descrever a folha que está sobre a minha escrivaninha e não tenho noção do que seja folha, farei uma descrição falando dessa coisa branca que está sobre a minha escrivaninha, sobre a qual parece que existem linhas apresentando uma certa regularidade e também certa irregularidade etc. (Teria que se refletir aqui sobre a possibilidade psicológica para os humanos de “simbolizar”, isto é, falar de “tal coisa”, de “tal objeto”, e de considerá-lo como um objeto, como uma coisa, isto é, separá-lo do fluxo de nossas ações reflexas para fazer dele um objeto de nossa linguagem, de nosso pensamento e de nossa comunicação.). Em suma, para observar, é preciso sempre relacionar aquilo que se vê com noções que já se possuía anteriormente. Uma observação é uma interpretação: é integrar uma certa visão na representação teórica que fazemos da realidade. (Fourez, 1995, p. 40)

Portanto, a nossa ciência se aproxima muito mais do esquema de Toulmin do que do Método Científico Indutivo. Podemos dizer que os Dados (D) são o Mundo e a Conclusão (C), um enunciado universal sobre esse Mundo. A necessidade de nossas Conclusões (C) significa que elas não admitem Exceções ou Restrições (R) e que o Qualificador Modal (Q) é desnecessário. A Garantia (W) são as nossas Teorias ou Paradigmas, as redes que lançamos para capturar o mundo. Mas essas teorias (ou paradigmas) se apoiam (B) em quê? Essa é uma questão complexa e cuja resposta pode variar conforme o referencial epistemológico, entretanto, as diferentes abordagens convergem em reconhecer que as teorias não são induzidas, mas são criações livres do espírito humano (Popper, 1975, 2008). Alguns autores, como Kuhn (2017), defendem que os novos paradigmas são negociados em períodos extraordinários, quando o paradigma vigente está em crise e deve ser substituído por outro mais fértil.

O quadro que desenvolvemos está incompleto, pois ainda que as teorias sejam criações humanas, é necessário estabelecer um elemento que regule quais são as teorias aceitáveis e quais não são e quando uma teoria deixa de ser válida ou útil. Nas epistemologias contemporâneas esse elemento é um conjunto de enunciados, aceitos por uma determinada comunidade, em um certo período, que chamaremos de Base (A) com o qual se confronta os dados. Para Popper (2008) essa Base é a Base Empírica, um conjunto de enunciados protocolares, aceitos por convenção, que

² Mas como observou Popper (1975, 2008), tautologias nada nos acrescentam de conhecimento sobre o Mundo.

permite estabelecer a falsidade das teorias. Para Kuhn (2017), essa base são os quebra-cabeças e problemas que o paradigma deve resolver. Já Laudan (2011) utiliza como critério a resolução de problema empíricos e conceituais. Assim, se incluir a Base (A) no Esquema de Toulmin, podemos recuperar uma descrição das teorias científicas e o seu processo de regulação.

As discussões sobre a Base (A) e os critérios de avaliação de Teorias pode ser feito em sala de aula, ou em cursos de formação de professores, a partir da discussão das diferentes epistemologias. Moreira e Massoni (2016b) desenvolveram um material didático que sintetiza as principais ideias de cada epistemólogo contemporâneo. Com base nesse material é possível desenvolver atividades e discussões em grupos, onde os discentes devem organizar as ideias no Esquema de Toulmin Adaptado (figura 2).

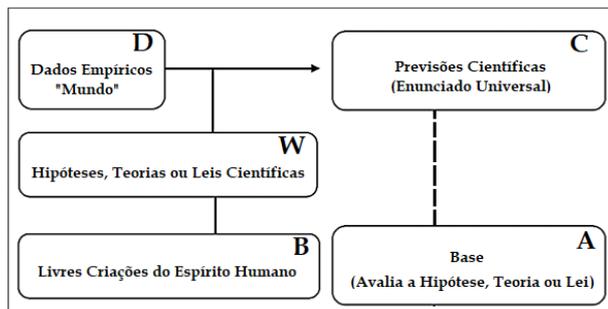


FIGURA 2. Esquema de Toulmin para as teorias científicas. Fonte: Modificado de Toulmin (2001, p. 151).

Outro par de questões importantes suscitadas pelo Esquema de Toulmin sobre a natureza da ciência, estão ligadas ao caráter relacional do Qualificador Modal. De acordo com Nascimento e Vieira (2015, p. 7):

Consideramos que o qualificador, ou seja, a avaliação do peso das restrições e das justificativas, depende fundamentalmente do sujeito e da comunidade de falantes que avaliam o argumento. Desta forma, fica evidente que o qualificador é um elemento do padrão que se relaciona com a alteridade, ou seja, com o qualificador do outro. Quer dizer, um mesmo argumento pode ser avaliado (ou qualificado) segundo diferentes critérios, os quais, por sua vez, dependem da comunidade de falantes em que o argumento é produzido, ou seja, dependem tanto do contexto quanto do domínio de códigos compartilhados por essa comunidade (...). Daí o fato do qualificador ser o elemento da estrutura que pode entrar ou não em conflito com as modalizações ou qualificações do outro, estabelecendo, portanto, o aspecto dialógico do padrão.

Essa dependência de Q com a comunidade de falantes é essencialmente o problema da indeterminação da tradução que Quine (1951) utiliza para justificar sua crítica aos dois dogmas do empirismo (a distinção entre enunciados sintéticos e analíticos e o reducionismo) e a sua tese da subdeterminação das teorias (cf Quine, 1975; Fourez, 1995; Stein, 1998). Essa dependência também suscita necessidade de que a ciência promova, como defende Bachelard (1996), de *ruptura epistemológica* com o senso comum. A construção de objetividade da ciência só é possível quando a comunidade de falantes da ciência rompe com a linguagem natural e produzem uma língua artificial e consensualmente aceita para se referir aos objetos, reduzindo as ambiguidades e indeterminações (Fourez, 1995). Porém, como toda linguagem, a sua tradução para senso comum, por meio do ensino ou da vulgarização, estará sempre sujeita a um grau de indeterminação (Fourez, 1995).

B. Teorias Probabilísticas na Ciência

Embora o programa de pesquisa apresentado pelos positivistas lógicos tenha degenerado (Dutra, 2017), Carnap (1962) deu contribuições para o estudo das probabilidades e que são úteis para entender como funcionam fenômenos probabilísticos, como as previsões do tempo e a efetividade das vacinas. Novamente, empregaremos o Esquema de Toulmin com uma pequena adaptação.

Como estamos no campo das probabilidades, nossos enunciados não são universais, mas contingentes. Por isso, não podemos prescindir do Quantificador Modal (Q) e da Restrição (R). Entretanto, para nosso modelo adaptado, trocaremos o Quantificador Modal (Q) por um equivalente, um conceito proposto por Carnap (1962) conhecido como *Instância Qualificada*. Esse conceito é útil porque:

Quando se utiliza uma lei (por exemplo, quando um engenheiro utiliza leis físicas para projetar uma ponte), não se pensa nas infinitas instâncias nas quais a lei deve valer, mas apenas que ela continuará valendo no próximo caso a ser observado. Isto é, a experiência passada não nos autoriza a confiar que a lei vá sempre funcionar, mas apenas que ela vai funcionar na próxima vez (Dutra, 2017, p. 38)

Chamaremos de *Grau de Confirmação* (G) de uma *Asserção* (C) a relação $G(C,e) = q$ onde e corresponde a evidência empírica disponível, e q é um número real contido no intervalo fechado de 0 à 1 (Carnap, 1962; Dutra, 2017). A forma da função G depende dos modelos estatísticos adotados e da teoria em uso. Assim, quando tratamos de enunciados particulares e situações pragmáticas, que exigem a tomada de decisão com base em algum conhecimento prévio, elaboramos uma regra de inferência (W) com base em algum modelo teórico validado (B) que a partir de dados (D) coletados por instrumentos calibrados e seguros, podemos realizar uma previsão segura, com base no Grau de Confirmação (G), sobre o que acontecerá, como pode-se ver na figura 3.

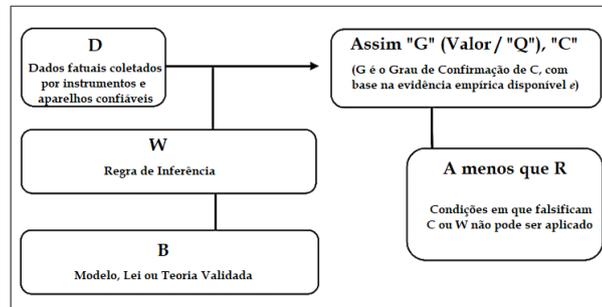


FIGURA 3. O esquema de Toulmin para modelos fáticos e previsões. Modificado de Toulmin (2001, p. 151).

Vamos exemplificar com um fenômeno meteorológico³. Um aparelho bastante importante na meteorologia é o Barômetro. Sua finalidade é medir a a pressão atmosférica em uma certa região. Alguns barômetros analógicos apresentam as condições do tempo com base na pressão⁴. Isso ocorre porque, a nível do mar, pressões baixas (abaixo de 1000 hPa) estão associadas a tempo chuvoso e pressões altas (acima de 1030 hPa), a bom tempo.

Assim, uma pessoa dispo de um barômetro, poderá aferir que naquele momento, a pressão atmosférica é de 980 hPa (D). Com os dados de referência e um modelo meteorológico (B), ele poderá construir a seguinte regra de inferência (W): pressões menores 1000 hPa indicam a eminência de chuva. Como, a literatura aponta que este dado tem um suporte empírico robusto (e), ele poderá supor que o Grau de Confirmação (G) é alto e, portanto, estará seguro para fazer a seguinte asserção (C): “Provavelmente, irá chover nas próximas horas”. Entretanto, pode ocorrer que o tempo está aberto e o boletim meteorológico tenha dispensado quaisquer chances de chuva. Oras, isso pode acontecer porque nosso meteorologista amador não levou em consideração outras condições (R). Por exemplo, o valor 1000 hPa, toma como referência uma estação localizada a nível do mar e pode ser o caso que nosso observador esteja em uma cidade localizada em alta altitude. Realizando os cálculos de altimetria, concluiríamos que a pressão a nível do mar seria de 1030 hPa, o que segundo B , indica bom tempo e impossibilidade de chuva. É claro que há outras variáveis meteorológicas que precisam ser levados em consideração. Mas a ideia básica é a mesma. No esquema de Toulmin, representaríamos como na figura 4:

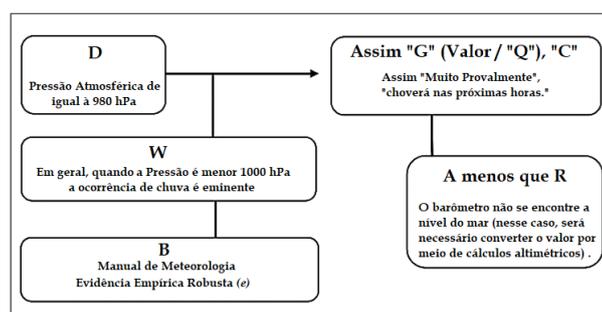


FIGURA 4. Esquema de Toulmin da previsão do tempo com barômetro. Fonte: Modificado de Toulmin (2001, p. 151).

Esse exemplo pode ser estendido para o estudo das vacinas, medicamentos e até mesmo para discutir políticas públicas e modelos sociológicos. Por meio desse esquema, é sempre possível salientar que os dados sempre são lidos a partir de um modelo e em sistemas complexos, no qual apenas podemos lidar com estatísticas e projeções, conceitos como Grau de Confirmabilidade e as condições de exceções desempenham um papel vital.

Essas são algumas das possibilidades do uso do Esquema de Toulmin para discutir aspectos da natureza da ciência. Passemos agora, para discutir as possibilidades com episódios da História da Ciência.

³ Trata-se de um exemplo bastante simplório e não visa captar a complexidade das previsões do tempo.

⁴ Veja, por exemplo, os barômetros analógicos aneroides de alta precisão da série b9190.

IV. HISTÓRIA DA CIÊNCIA E NATUREZA DA CIÊNCIA COM O ESQUEMA DE TOULMIN: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

O Esquema de Toulmin também é um dispositivo útil para introduzir e problematizar episódios de história da ciência no ensino de ciências, em especial no ensino de física⁵. Nessa seção, iremos apresentar uma abordagem possível a partir de um estudo da primeira lei de Kepler. A primeira lei de Kepler pode ser enunciada da seguinte forma (Henry, 1998): “*C: Os planetas movem-se ao redor do Sol em órbitas elípticas, estando o Sol em um dos focos*”

Na estrutura do Esquema de Toulmin, esse enunciado corresponde a *Conclusão* (C). O nosso objetivo será determinar os demais elementos. Para isso deveremos recorrer a epistemologia e a história da ciência. Em primeiro lugar convém, observar que C, isto é, a primeira lei de Kepler, é uma Lei e o toda Lei é um enunciado universal (Popper, 1975, 2008). Sendo um enunciado universal, então o Esquema de Toulmin prescinde do *Qualificador Modal* (Q), pois não admite *Exceção* (R).

Como vimos, brevemente nas seções II e III, a *Conclusão* (C) é uma síntese dos *Dados Factuais* (D) e de uma *Garantia* (W), que na ciência corresponde ao conteúdo hipotético, uma criação livre do espírito. Para acharmos quem são D e W, respectivamente, devemos fazer as seguintes perguntas: o que era possível saber a partir da *observação*? O que, nesse enunciado, excede os dados da *observação* (em outras palavras, é hipotético)? Para responder essas perguntas é preciso conduzir uma pequena investigação histórica⁶. Esta investigação nos conduzirá as respostas:

D: os dados observacionais indicam que o movimento dos planetas é periódico

W: o conteúdo hipotético (aquele que excede a observação) é sobre o formato das órbitas e a posição do Sol: as órbitas são elípticas, ao redor do Sol, com este estando em um dos focos.

O educador poderá mostrar aos educandos, algumas imagens sobre o movimento dos planetas no céu noturno, para mostrar que o “*formato elíptico da órbita*” não pode ser derivado da observação. Aqui, ele poderá discutir também o trabalho de Silveira & Ostermann (2002), citado na seção III, sobre a insustentabilidade das propostas indutivas que propõe derivar leis e teorias a partir da observação. Para cursos mais avançados, por exemplo, superiores, ou na educação básica, realizando uma interface com a disciplina de Filosofia, pode-se discutir alguns elementos da Teoria do Conhecimento de Kant (2015), como, por exemplo, o fato de nossos enunciados sobre o mundo sempre excederem aquilo que a experiência sensível nos autoriza falar sobre ele.

O educador também poderá aproveitar essa pequena investigação para discutir as diferenças abordagens epistemológicas. Para empiristas como Reichenbach (1961) ou falsificacionistas como Popper (1975, 2008) não importa qual foi a origem da hipótese, o que importa é que essa hipótese junto aos dados produza conclusões que possam ser avaliadas empiricamente. Para estes epistemólogos o *Apoio* (B) a *Garantia* (W) é desnecessária. Por outro lado, outros epistemólogos como Kuhn (2017), Granger (1955), Toulmin (1961), Laudan (2011) e Fourez (1995) estarão interessados também nas circunstâncias históricas e sociais que apoiam (B) a lei de passagem (W)⁷. Novamente, o estudo histórico mostrará que existiam múltiplas órbitas fechadas que satisfaziam a evidência empírica disponível (Henry, 1998) e, portanto, as escolhas de Kepler não podiam ser guiadas apenas por uma “*racionalidade científica*”, mas por crenças pessoais (Henry, 1998, p. 60):

[B]: Para explicar por que Deus deveria usar elipses em vez de círculos (ou esferas), Kepler baseou-se na tradição pitagórica e neoplatônica de harmonias celestes. Planetas movendo-se em círculos com velocidade imutável só poderiam gerar monótonos, ele raciocinou, mas um planeta movendo-se com velocidade variável regularmente em uma elipse geraria uma série de notas. Ao tentar descobrir as notas precisas feitas por cada um dos planetas, Kepler usou as observações precisas de Tycho para determinar, entre outras coisas, as velocidades dos planetas quando mais próximos e mais distantes do sol.

⁵ Como aponta Martins (2006, p. XIX), a história da ciência é essencial para compreensão da Natureza da Ciência, pois “(...) permite compreender que a ciência não é o resultado da aplicação de um “*método científico*” que permita chegar à verdade. Os pesquisadores formulam hipóteses ou conjecturas a partir de idéias que podem não ter qualquer fundamento, baseiam-se em analogias vagas, têm idéias preconcebidas ao fazerem suas observações e experimentos, constroem teorias provisórias que podem ser até mesmo contraditórias, defendem suas idéias com argumentos que podem ser fracos ou até irracionais, discordam uns dos outros em quase tudo, lutam entre si para tentar impor suas idéias. As teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro, elas podem chegar a se tornar bem estruturadas e fundamentadas, mas jamais podem ser provadas. O processo científico é extremamente complexo, não é lógico e não segue nenhuma fórmula infalível. Há uma arte da pesquisa, que pode ser aprendida, mas não uma seqüência de etapas que deve ser seguida sempre, como uma receita de bolo. O estudo histórico de como um cientista realmente desenvolveu sua pesquisa ensina mais sobre o real processo científico do que qualquer manual de metodologia científica”.

⁶ Os textos de Koestler (1961), Losee (1979), Henry (1998) e o Dicionário de Biografias Científicas (Benjamin, 2007) são boas fontes de consulta e suficientes para responder essas duas perguntas.

⁷ Sugerimos ao educador que ele não deixe de investigar o Apoio (B), pois esse estudo, não apenas cria outra oportunidade de investigação histórica, como também permite compreender que “*a ciência não é uma ‘verdade’, mas algo que se aceita em certa época porque parece bem fundamentado em observações, cálculos, argumentos, discussões*” (Martins, 2022, p. 36) e por essa razão é influenciada pelas condições sociais, culturais e os valores.

Essa observação de Henry (1998) tem dois elementos importantes: a escolha das órbitas não era completamente determinada. Os dados factuais permitiam uma infinidade de órbitas possíveis. Isso é o que Quine (1975) chama de subdeterminação das teorias científicas. Por isso, dentro dessa infinidade de órbitas possíveis, Kepler usou como critério de escolha seus valores pessoais e concepções metafísicas. Esse exemplo é um antídoto contra as posições científicistas e as relativistas. A construção científica apresenta tanto condicionantes fáticos quanto liberdade criativa. Por fim, o educador poderá exibir o Esquema de Toulmin completo da primeira lei de Kepler (figura 5):

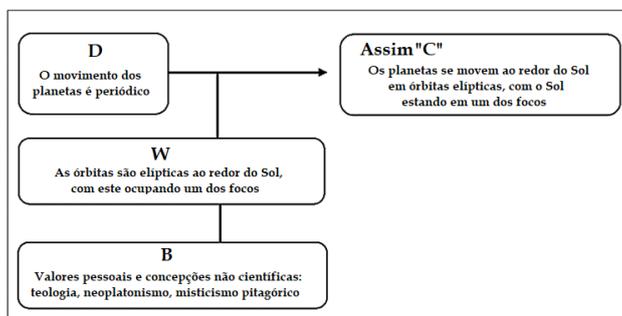


FIGURA 5. O Esquema de Toulmin da Primeira Lei de Kepler. Fonte: Modificado de Toulmin (2001, p. 151).).

O educador poderá abordar como Newton operou a sua síntese a partir da lei do inverso do quadrado da distância e o Apoio (B) se tornou mais sofisticado. Discutir essas mudanças conceituais do ponto de vista de diferentes epistemologias. As possibilidades são múltiplas e dependem, majoritariamente, dessa capacidade que move a ciência: a criatividade do espírito livre.

Em síntese, a partir do esquema de Toulmin, percebemos que o cientista não é um sujeito plenamente passivo, que extrai da observação neutra dos dados (D) uma lei. Por outro lado, as leis científicas não são criações arbitrárias, como alegam o relativismo radical, elas são subdeterminadas pelos dados (D). Por fim, devemos destacar um terceiro elemento: o conjunto de ideias, crenças e hábitos em que o sujeito está imerso e, seguindo a sugestão de Fleck (2010), podemos chamar de *Coletivo de Pensamento*. São estas concepções prévias, produzidas socialmente que atuam ativamente para estabilizar uma forma (*Gestalt*) aos dados (D). Assim, percebemos que a ciência é histórica, socialmente localizada e seus saberes são produto de uma relação dialética e um agenciamento material recíproco, do objeto-sujeito-coletivo (Fleck, 2010, Maia, 2015).

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se por Ideologia, em seu sentido pejorativo, entendemos aqueles discursos que ocultam as suas origens (Fourez, 1995) e naturalizam escolhas socialmente construídas (Fiorin, 2015), então um ensino que justifica as conquistas das ciências como “verdades” obtidas pela aplicação de um “método científico” é profundamente manipulador e domesticador, é uma educação bancária (Freire, 2014, 2019). Por essa razão, consideramos que os tópicos e episódios de Natureza e História da Ciência no sentido de Toulmin são saberes necessários à pedagogia reflexiva, preocupada com o entendimento do processo de construção do conhecimento.

Como levar esses tópicos para a sala de aula? Nesse ensaio, propomos como alternativa o uso do Esquema de Toulmin. Ele não apenas permite organizar as informações e apresenta uma representação mais adequada da dinâmica científica, como é útil para averiguar as raízes históricas e sociais dos conceitos científicos. Fora que ele pode ser empregado para analisar notícias e discursos científicos em um momento de circulação de *fake news*.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/MEC – Brasil.

REFERÊNCIAS

- Bachelard, G. (1996). *A Formação do Espírito Científico*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Benjamin, C. (ed.). (2007). *Dicionário de Biografias Científicas*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Carnap, R. (1962). *Logical Foundations of Probability*. Berkeley: University of Chicago Press.

- Chalmers, A. F. (2017). *O que é Ciência, Afinal? (14ª reimpressão)* São Paulo: Editora Brasiliense.
- Dutra, L. H. A. (2017). *Introdução à Teoria da Ciência*. 4ª ed. Florianópolis: Ed. da UFSC.
- Fiorin, J. L. (2015). *Argumentação*. São Paulo: Contexto.
- Fleck, L. (2010). *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. Belo Horizonte: Fabrefactum.
- Freire, P. (2014). *Pedagogia do Oprimido*. (57ª ed). Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Freire, P. (2019). *Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. (68ª ed). Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Fourez, G. (1995). *A Construção das Ciências: Introdução à Filosofia e a Éticas das Ciências*. São Paulo: Editora Unesp.
- Gil-Pérez, D. et al. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2): 125–153.
- Granger, G. G. (1955). *Lógica e Filosofia das Ciências*. São Paulo: Melhoramentos.
- Henry, J. (1998). *A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. & Brocos, P. (2015) Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. *Revista Ensaio*, 17(especial), 139-159.
- Kant, I. (2015). *A Crítica da Razão Pura*. Petrópolis: Vozes.
- Köche, J. C. (2015). *Fundamentos de metodologia científica: Teoria da ciência e iniciação à pesquisa*. Petrópolis: Vozes.
- Koestler, A. (1961). *Os Sonâmbulos*. São Paulo: Ibrasa.
- Kuhn, T. S. (2017). *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 13ª Ed. São Paulo: Perspectiva.
- Laudan, L. (2011). *O progresso e seus problemas: Rumo a uma teoria do crescimento científico*. São Paulo: EdUnesp.
- Losee, J. (1979). *Introdução Histórica à Filosofia da Ciência*. São Paulo: EdUSP, 1979.
- Maia, C. A. (2015). *História, ciência e linguagem: o dilema relativismo-realismo*. Rio de Janeiro: Mauad X
- Martins, R. A. (2006). Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. In: Silva, C. C. (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física. pp. XVII-XXX.
- Martins, R. A. (2022). *Ensaio sobre História e Filosofia das Ciências II*. Extrema: Quamcumque Editum.
- McComas, W. F. (1996) Ten Myths of Science: Reexamining What We Think We Know About the Nature of Science. *School Science and Mathematics Association*, 96(1), 10-16.
- Moreira. M. A. & Massoni. N. T. (2016a). *Noções básicas de Epistemologias e Teorias de Aprendizagem – como subsídios para a organização de Sequências de Ensino-Aprendizagem em Ciências/Física*. São Paulo.
- Moreira. M. A. & Massoni. N. T. (2016b) *Subsídios Epistemológicas para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Epistemologias do Século XX*. Disponível em: < <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios8.pdf> >
- Moreira, M. A. Ostermann, F. (1993). Sobre o ensino do método científico. *Cad.Cat.Ens.Fís.*, 10(2), 108-117.
- Nascimento, S. S. & Vieira, R. D. (2008). Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Rev. Bras. Pesqui. Educ. Ciênc*, 8(2): 1-20.

- Nunes, J. M. V. & Almouloud, S. A. (2013). O modelo de Toulmin e a análise da prática da argumentação em Matemática. *Educ. Matem. Pesq.*, 15(2), 487-512.
- Plantin, C. & Nascimento, S. S. (org.). (2009). *Argumentação e Ensino de Ciências*. Curitiba: CRV.
- Sá, L. P., Kasseboehmer, A. C., Queiroz, S. L. (2014). Esquema de Argumento de Toulmin como Instrumento de Ensino: Explorando Possibilidades. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.* 16(3), 147-170.
- Popper, K. (1975). *Conhecimento Objetivo: Uma Abordagem Evolucionária*. São Paulo: EdUSP.
- Popper, K. (2008) *A Lógica da Pesquisa Científica*. São Paulo: Cultrix.
- Quine, W. O. (1951). Two Dogmas of Empiricism. *The Philosophical Review*. 60 (1): 20–43.
- Quine, W. O. (1975). On Empirically Equivalent Systems of the World. *Erkenntnis*, 9: 313-28.
- Reinchenbach, H. (1961) *The Rise of Scientific Philosophy*. Berkeley: University of California Press.
- Silva, M. L. M. & Silva, M. G. L. (2016). Argumentação no Ensino de Biologia: uma experiência no ensino médio. *ACTIO*, 1(1), 70-86.
- Silva, A. F. A. et al. (2011). *Contribuições da Argumentação e do Estudo de Casos para o Ensino de Ciências: uma análise sob a perspectiva de Stephen Toulmin*. Apresentado no VIII ENPEC, 5-9 de dezembro, Campinas, SP.
- Silveira, F. L. & Ostermann, F. (2002). A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei a partir de resultados experimentais". *Caderno brasileiro de ensino de física*, 19(especial), 7-27.
- Stein, S. I. (1998). A. Conteúdo empírico de teorias e subdeterminação em Willard Quine. *Principia*, 2(2): 205-26.
- Toulmin, S. (1961). *Foresight and understanding: An enquiry into the aims of science*. Bloomington: Indiana University Press.
- Toulmin, S. (2001). *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes.