

EPISTEMOLOGIAS IMPLÍCITAS EM DOCUMENTÁRIOS E LIVROS DE DIVULGAÇÃO: PROPOSTA DE MATERIAL EDUCACIONAL PARA A DISCIPLINA DE EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE FÍSICA

EPISTEMOLOGIES IMPLIED IN DOCUMENTARIES AND DISSEMINATION BOOKS: PROPOSAL FOR EDUCATIONAL MATERIAL FOR OF EVOLUTION CONCEPTS PHYSICS DISCIPLINE

EPISTEMOLOGÍAS IMPLÍCITAS EN DOCUMENTALES Y LIBROS DE DIVULGACIÓN: PROPUESTA DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA DISCIPLINA DE LA EVOLUCIÓN DE LOS CONCEPTOS DE LA FÍSICA

LICENÇA CC BY:

Artigo distribuído sob os termos Creative Commons, permite uso e distribuição irrestrita em qualquer meio desde que o autor credite a fonte original.



Carlos Eduardo Laburú
Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina
Osmar Henrique Moura da Silva
Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina
Andreia de Freitas Zômpero
Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina

Artigo recebido em: 11/10/23

Aprovado em: 06/05/24

Resumo: Examinam-se os discursos que se encontram por detrás de meios de divulgação científica de um livro e um vídeo postado na internet. Os discursos são analisados a partir de uma leitura epistemológica, motivado pelo interesse de que esse conteúdo compõe as disciplinas de Evolução dos Conceitos de Física. Mostra-se que as narrativas construídas pelos diretores, escritores e protagonistas que elaboram esses materiais de divulgação veem carregados de concepções indiretas ou visões explícitas acerca da ciência. Além de apontar essas concepções mediante análises epistemológicas, também é proposto ao docente da disciplina de evolução o emprego de mídias que estão à sua disposição e tratá-las na forma como são aqui apresentadas e avaliadas. Assim, torna-se possível que os estudantes possam aplicar e, conseqüentemente, aprender com mais significado, os conhecimentos envolvidos com esse conteúdo.

Palavras-chave: Epistemologia; ensino universitário; física; material didático.

Abstract: The discourses behind scientific dissemination media such as a book and a video posted on the internet are examined. The speeches are analysed from an epistemological reading, motivated by the interest that this content makes up the Evolution of Physics Concepts disciplines. It is shown that the narratives constructed by the directors, writers and protagonists who prepare these promotional materials are loaded with indirect conceptions or explicit views about science. In addition to pointing out these conceptions through epistemological analyses, it is also proposed to teachers of the evolution discipline to use media that are at their disposal and treat them in the way they are presented and evaluated here. This provides opportunities for students to apply and, therefore, learn with more meaning, the knowledge involved with this content.

Keywords: Epistemology; university education; physics; didactic material.

Resumen: Se examinan los discursos detrás de medios de divulgación científica como un libro y un vídeo publicados en Internet. Los discursos se formulan desde una lectura epistemológica, motivada por el interés que estos contenidos configuran en las disciplinas Evolución de los Conceptos de Física. Se muestra que las narrativas construidas por los directores, escritores y protagonistas que



elaboran estos materiales promocionales están cargadas de concepciones indirectas o visiones explícitas sobre la ciencia. Además de señalar estas concepciones a través de análisis epistemológicos, también se propone a los profesores de la disciplina de la evolución utilizar los medios que están a su disposición y tratarlas en la forma en que aquí se presentan y evalúan. Esto brinda oportunidades para que los estudiantes apliquen y, por lo tanto, aprendan con más significado, los conocimientos involucrados con este contenido.

Palabras clave: Epistemología; educación universitaria; física; material didáctico.

INTRODUÇÃO

Cursos de licenciatura em Física e certos bacharelados possuem em suas grades curriculares uma disciplina direcionada para o estudo de evolução dos conceitos da física. Normalmente, o desenvolvimento dessa disciplina enfatiza a componente histórica permeada por aspectos da filosofia da ciência, com maior ou menor ênfase em cada um desses campos a depender da formação e interesse de quem a ministra. Particularmente, na habilitação em licenciatura, a Resolução CNE/CP 02/2019 do Ministério da Educação normatiza um percentual da carga horária para atividades práticas da componente curricular embutida nas disciplinas. Por detrás desse percentual há a preocupação com a formação profissional na atuação docente, pertinência esta que, na sequência, o artigo virá a justificar, pois também a contemplará.

Por sua vez, é lugar comum há bastante tempo na literatura, debates entre os pensadores acerca da existente ligação entre a filosofia de ciência e a história da ciência (WARTOFSKY, 1979). Irme Lakatos sintetiza tal relação na célebre frase: “a filosofia da ciência sem a história é vazia, e a história da ciência sem a filosofia é cega” (LAKATOS, 1971, p. 91). De fato, constata-se que historiadores elegem, descrevem e interpretam materiais históricos influenciados pelas suas concepções de mundo sociais, nacionais, psicológicas e religiosas. Por implicação, tal condicionante se estende aos historiadores da ciência, uma vez que sofrem da teoria ou filosofia da ciência da qual creem. MacLachlan (1990) exemplifica essa situação no momento em que aponta diferenças entre as visões dos historiadores da ciência Alexandre Koyré e Stillman Drake a respeito das suas descrições de Galileu. Para o primeiro, Galileu foi visto vivendo em um mundo racionalista, defendendo um copernicanismo platônico com ideias sustentadas em experimentos de pensamento. Drake, por sua vez, viu o mesmo Galileu menos contemplativo, mas um observador atento da natureza, realizador de experimentos e inventor, ou seja, um empirista, logo, a partir de uma leitura epistemológica distinta à de Koyré. Ora, esse tipo de influência interpretativa não se restringe aos historiadores, mas vale para qualquer um, inclusive, para cientistas em relação aos seus objetos de estudo ou professores ministrando aulas (MATTHEWS, 1995). Em relação a estes últimos, em Silva *et al.* (2019), faz-se uso de um método investigativo em sala de aula com a finalidade de propiciar contribuições epistemológicas para estimular estudantes do ensino médio a refletirem de maneira divergente dos corriqueiros pensamentos comumente trazidos para esse ambiente escolar e que têm conotações de vertente empirista.

No caso destes últimos, tem-se, por conseguinte, a sua submissão à teoria ou filosofia da ciência que acreditam quando ensinam e, por consequência, refletem e repassam suas visões de ciência para os aprendizes. Muitas dessas crenças, que permanecem não conscientes, foram construídas de maneira incontrolada durante suas vidas formativas, sobretudo para aqueles que não tiveram oportunidade para discuti-las de maneira protocolar nos seus cursos de formação. É possível constatar isso em pesquisas da educação científica voltadas para essas questões. Por exemplo,

Silva *et al.* (2019) apresentaram algumas contribuições epistemológicas decorrentes do uso de um método investigativo em sala de aula no ensino médio, na medida em que ele estimula os estudantes a refletirem de maneira divergente dos corriqueiros pensamentos que se aproximam da vertente empirista. Ainda nesse campo, Boaro e Massoni (2018) investigaram os desafios e dificuldades encontrados nas práticas didáticas de licenciandos em estágio supervisionado, em relação à apropriação e uso de elementos de história e filosofia da ciência. Ambos os trabalhos, assim como o deste manuscrito, vão ao encontro do enfrentamento em parte da dificuldade acima mencionada. Portanto, a disciplina de evolução dos conceitos de física, além de levar o conhecimento da natureza da ciência que está sendo estudada, diferenciando-a das demais ciências e de outros conhecimentos humanos, permite, ao mesmo tempo, a tomada de consciência do licenciando ou bacharelado das suas próprias concepções de ciência, as quais são transmitidas durante o ensino, com isso, dando oportunidade de repensá-las e reformulá-las por visões epistemológicas as criticam e superam.

Afora os pontos anteriores, nos dias de hoje, podemos lembrar que há facilidade de o professor de evolução dos conceitos valer-se, pelas diversas mídias disponíveis, de documentários, artigos de jornais, revistas e livros de divulgação científicos como recursos didáticos complementares à bibliografia tradicional da disciplina. Porém, e em continuidade ao colocado, a elaboração desses recursos igualmente sofre dos recortes históricos e discursos narrativos condicionados à concepção de ciência dos seus produtores, autores ou protagonistas. Advém daí uma oportunidade pedagógica de o professor utilizar esses meios de divulgação para além de uma descrição de fatos, conceitos, encadeamentos de acontecimentos e simples cronologias. Os materiais podem vir a ser trabalhados em classe com o objetivo de perscrutar as posições epistemológicas subsumidas pelos protagonistas narradores e cientistas dos filmes e livros, ou jornalistas, no caso de matérias de jornais e revistas. Tal ocasião possibilita que os licenciandos pratiquem os conceitos estudados na disciplina, mas, também, e acima de tudo, venham a tomar consciência das concepções de ciência que estão sendo empregadas durante sua formação e de como as suas próprias concepções são capazes de influenciar seus futuros estudantes. Então, a partir de uma análise epistemológica que desvele e ponha sob crítica as visões de ciência de meios de divulgação produzidos, pode-se avaliar as próprias concepções, que costumam, muitas delas, ser semelhantes às deles, com isso, possibilitando superar ideias vencidas a respeito da natureza da ciência.

Dentro do esboçado, a ênfase do trabalho encontra-se na filosofia da ciência que acompanha a costumeira discussão da história da ciência nas disciplinas de evolução. Mediante a seleção de estratos separados de um livro e de um filme, a título de exemplo à viabilidade da proposta, realizar-se-á, portanto, um enquadramento analítico desses recortes a partir de interpretações de clássicas epistemologias a serem ensinadas e que deveriam fazer parte dos programas dessa disciplina. Com isso, o estudo tem como objetivo inicial mostrar que é possível examinar esses e outros materiais com finalidade de divulgação científica, servindo-se desses referenciais como suporte analítico. Por implicação, o trabalho reconfirma as assertivas antepostas, no sentido de fazer ver que os mesmos sempre vêm contaminados de posturas epistêmicas implícitas, tal qual materiais históricos. Por final, o estudo intenciona servir de referência para o professor de evolução trabalhar esses meios de difusão científica nas aulas com finalidade de ensino, de modo a aperfeiçoar e praticar os conhecimentos dos estudantes.





PROLEGÔMENOS PARA A ANÁLISE

Antes de passar para a seção de apresentação e análise, é preciso pontuar quatro comentários em relação ao que seguirá. O primeiro tem a ver com os termos ligados à capacidade humana de conhecer e à necessidade de se validar aquilo que se conhece, condições que se designam de gnosiologia e epistemologia, respectivamente (GOMES, 2009). Os termos epistemologia e filosofia da ciência são aqui empregados de maneira indiferenciada, em acordo com o pensamento anglo-saxão. Neste, a palavra epistemologia é sinônimo de teoria do conhecimento, sendo mais conhecida pela denominação de filosofia da ciência (JAPIASSÚ; MARCONDES, 2001, p. 63), posição que o filósofo francês Gaston Bachelard vem a concordar em sua obra "A Filosofia do Não" (BACHELARD, 1979). Ainda que haja divergência dessa terminologia, cabe dizer que a epistemologia "pode receber títulos tão diversos como: 'a lógica da pesquisa científica', 'teoria do conhecimento científico'; 'metodologia científica'; 'Ciência da ciência'; 'filosofia do conhecimento' etc." (*ibid.*, p. 63). Em suma, epistemologia vincula-se ao conhecimento científico. O segundo esclarecimento refere-se à apresentação do conteúdo desta seção. Nela não consta um tratamento teórico de cada conceito e as epistemologias a serem usadas no desenvolvimento do trabalho, pois isso extrapolaria em demasia a extensão do manuscrito. Aliás, uma vez que o estudo, em última instância, se dirige para o docente da disciplina de evolução dos conceitos da Física, tal condição já é impositiva para que exista previamente o domínio dos conceitos usados, visto serem basilares para a filosofia da ciência e, portanto, não poderiam deixar de estar contemplados na ementa da disciplina. A terceira consideração é a de que se pretende ficar restrito aos conceitos mais destacados das filosofias da ciência que vão servir para interpretar os recortes dos materiais especificamente apresentados como exemplos, os quais deverão ser suficientes para interpretar os seus pontos mais marcantes e para entender a proposta do trabalho.

Dentro dos atendimentos anteriores, os materiais serão escrutinados, mediante algumas categorias analíticas básicas: empirismo versus racionalismo e idealismo *versus* realismo, com consideração de algumas de suas vertentes; melhor enquadramento epistemológico, se de Karl Popper e Paul Feyerabend ou Imre Lakatos. A restrição a essas epistemologias deve-se à sua importância marcante em qualquer curso de filosofia da ciência e, mais fundamentalmente, por se adequarem aos dados selecionados, ainda que implique na ausência de epistemólogos relevantes como a de Thomas Kuhn, por exemplo. Obviamente, em conformidade com os pontos ditos, os traços conceituais mais centrais que caracterizam e contrastam distintamente esses epistemólogos são aqueles que estarão sendo apontados junto aos exemplos. Além disso, e como última consideração, temos a questão relativa à apreciação dos dados dos materiais a partir dessas categorias. Ora, uma vez que os dados são recortes e momentos de expressão de um texto ou documentário, as apreciações analíticas tomam por base palavras ou frases-chave para o enquadramento da interpretação dos pensamentos dos autores ou protagonistas envolvidos com a produção. Isso, inclusive, se torna mais saliente nos meios de divulgação no formato de filmes, artigos de jornais ou revistas, cujo objetivo é a disseminação científica para um público leigo. Portanto, as interpretações dos dados buscam ficar restritas ao conteúdo que aparece no meio da comunicação escolhida. Em outras palavras, isso quer dizer que as análises tentam basear-se no que está denotado ou exibido no estrato apresentado, e evitar, na medida do possível, contextos e elementos históricos e filosóficos fora do mesmo, sendo estes somente utilizados para referendar e dar força à interpretação do trecho do texto selecionado. A razão desse procedimento é a de usar os recortes, de modo a servirem de exercícios de aplicação e debate dos conceitos e teorias estudadas para orientar o docente durante a disciplina, e que, evi-

dentemente, ficará na dependência dos conhecimentos do professor e da profundidade que ele pretender trabalhar. Assim, quando se usar uma determinada epistemologia ou conceito durante uma análise, a proposta é manter, ao máximo, o sentido denotativo linguístico das palavras e sentenças do material, ainda que outras epistemologias concorrentes poderiam ser inferidas, mas que os trechos dos estratos selecionados são insuficientes para explicitamente fazê-las ali presentes.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Na sequência, tem-se a apresentação e a análise de dois materiais constituídos, respectivamente, de trechos, então, selecionados de um livro e de um filme.

Material 1 – A CONFERÊNCIA DE WERNER HEISENBERG (SALAM, 1993)

Abaixo, são apresentados excertos de falas de Heisenberg que constam no livro de Abuds Salam (SALAM, 1993), laureado com o prêmio Nobel de Física, em 1987. Entre parênteses, estão colocados comentários para melhor entendimento e fornecer sentido de continuidade dos trechos recortados. A conferência está dividida em seções e foram selecionadas algumas, conforme dispostas no livro, assim ordenadas: *Primeiros Passos em Física; Teoria Fenomenológica; A Conjectura de Bohr; Teoria e Observação segundo Einstein; Os Elétrons e o Núcleo.*

Primeiros Passos em Física (p. 70-71): “Gostaria de vincular as memórias que tenho dos velhos tempos da física com a questão dos métodos que se usam em física teórica. As atitudes que podem ser adotadas são muitas: pode-se tentar formular teorias fenomenológicas, pode-se cogitar esquemas matemáticos rigorosos, pode-se cogitar da filosofia, e assim por diante, e eu gostaria de analisar esses vários métodos em relação às experiências que tive nesta vida de física. [...] Sommerfeld (professor de Heisenberg) veio a meu quarto e perguntou: “Já que está interessado em física atômica, poderia tentar resolver um problema? [...] tente calcular ou determinar os níveis de energia que pertencem a ela (linhas espectrais do efeito Zeeman anômalo). [...] Tínhamos um simpático grupo de jovens fazendo física fenomenológica em conjunto, isto é, inventando fórmulas que parecem reproduzir os experimentos. Foi assim que foram encontradas as fórmulas de Landé, depois a fórmula do multiplete de Sommerfeld, Höln e outras.” [...] *Teoria Fenomenológica* (p. 72): [...] “essas teorias fenomenológicas podem ser extremamente bem-sucedidas, na medida em que, por vezes, fornecem os resultados exatos e, conseqüentemente, concordam extremamente bem com a experiência [...] contudo não fornecem nenhuma informação real sobre o conteúdo físico do fenômeno, sobre aquelas coisas que realmente acontecem dentro do átomo [...]”.

Análise: Há menção acerca da fenomenologia, método frequentemente empregado na Física. De primeiro, vale comentar a respeito desse termo, já que a concepção epistemológica capaz de estar subjacente ao método baseado na fenomenologia não deve ser confundida com a doutrina do fenomenalismo. Para este último, a realidade ou a coisa em si independe do sujeito e somente pode ser conhecida enquanto fenômeno, o que depende das estruturas da nossa mente. Ora, a prática envolvida com a fenomenologia, se levada ao limite, é uma forma do pragmatismo, chamada por Dewey de instrumentalismo (MURARO, 2019), uma subvariedade do realismo (CARNAP, 1985, p. 162). Este último fundamenta-se nas seguintes afirmações: 1) Existe uma realidade física que independe do conhecimento e percepção humana; 2) Uma teoria física serve para explicar fenômenos em termos da realidade física subjacente e não apenas para descrevê-la; portanto, as proposições da teoria têm valor de verdade; 3) A teoria pode possuir termos teóricos que se referiram a entidades físicas que



não são diretamente observáveis. Contrapondo-se a esses fundamentos, o instrumentalista nega que as teorias científicas possuam valor de verdade e expliquem uma realidade subjacente aos dados experimentais. As descobertas, por exemplo de uma montanha, fundam-se em algo real, porém não podem ser conhecidas em si mesmas, visto esta que em sua distensão máxima chega no idealismo, o qual afirma que *“somente nossas (ou no caso da linha solipsista do idealismo: somente minhas) percepções e processos conscientes são reais”* (CARNAP, 1985, p. 162; ABBAGNANO, 2000, p. 523). Assim, para o instrumentalista, as teorias científicas seriam meramente esquemas linguísticos para fazer previsões acerca das observações para organizá-las de maneira econômica. Uma vertente fraca do instrumentalismo, por sua vez, não nega que as sentenças teóricas possuam valor de verdade, mas nega que isso tenha qualquer importância para a ciência, que seria a solução de problemas ou adequação empírica. Os grifos apontam e apoiam a posição realista de Heisenberg (cf. também próxima análise) ao reconhecer sua insatisfação com o tratamento fenomenológico.

A Conjectura de Bohr (p. 75): [...] “a conversa com Bohr deixou-me a impressão de que era preciso afastar-se de todos aqueles conceitos clássicos, de que não se devia falar em órbita de um elétron. Embora fosse possível ver uma trajetória do elétron na câmara de condensação, não se devia falar sobre sua velocidade ou posição e assim por diante. Mas é claro que, abandonando essas palavras, fica-se sem saber o que fazer. [...] Pouco tempo depois dessa conversa com Bohr, creio que uns seis meses mais tarde, fui a Copenhague. Trabalhei com Kramers sobre a teoria da dispersão e, mais uma vez, nos vimos numa situação absurda: as fórmulas que podiam ser derivadas da teoria de Bohr eram quase corretas, mas não realmente corretas. Aos poucos, tínhamos adquirido certa prática no manejo dessas fórmulas, na tradução da física clássica para essas fórmulas fenomenológicas. Já tínhamos a impressão de que, em última análise, devia haver algum tipo de mecânica quântica que substituiria a mecânica clássica. [...] Ora, nesse tipo de situação, diz-se, muitas vezes, que um passo na direção correta é introduzir na teoria apenas quantidades que possam ser observadas. De fato, esta era uma ideia muito natural nesse contexto, porque se constatava que havia frequências e amplitudes e, na teoria clássica, essas frequências e amplitudes podiam de certo modo substituir a órbita do elétron.” [...] *Teoria e Observação segundo Einstein* (p. 76-78): “Não quero entrar em detalhes agora, mas falar sobre a interpretação dos detalhes no seguinte sentido: “Que tipo de filosofia teve o papel mais importante nesse desenvolvimento?” De início, eu pensava que era provavelmente a ideia de introduzir apenas quantidades observáveis. Em 1926, porém, numa ocasião em que tive de fazer uma palestra sobre mecânica quântica em Berlim, Einstein compareceu e corrigiu essa visão. Pediu que fosse a seu apartamento para discutirmos essas questões. A primeira coisa que perguntou foi: “Qual é a filosofia subjacente a esse seu estranho tipo de teoria? A teoria parece bastante boa, mas o que você estava querendo dizer por ‘apenas quantidades observáveis?’ Disse-lhe que não acreditava mais em órbitas de elétrons, apesar das trajetórias numa câmara de condensação. Sentia que era preciso voltar àquelas quantidades que podem realmente ser observadas e tinha a impressão de que era exatamente esse tipo de filosofia que ele próprio usara na relatividade; porque ele também tinha abandonado o tempo absoluto e introduzido somente o tempo do sistema especial de coordenadas, e assim por diante. Ouvindo isso, Einstein riu e disse: “Mas você tem que entender que isso está completamente errado” Retruquei: “Mas por quê? Não é verdade que usou esta filosofia?” E Einstein respondeu: “Sem dúvida, posso tê-la usado, mas isso não impede que seja absurda!”. Einstein me disse que o que acontecia era exatamente o oposto. Disse ele: “A possibilidade que se tem de observar ou não uma coisa depende da teoria que se usa. É a teoria que decide o que pode ser observado.” Justificou nos seguintes termos: ‘A observação significa que construímos algum vínculo

entre um fenômeno e nossa compreensão do fenômeno. Há alguma coisa acontecendo no átomo, a luz é emitida, ela atinge a placa fotográfica, vemos a placa fotográfica, e assim por diante. Em toda essa sequência de eventos que tem lugar entre o átomo, nosso olho e nossa consciência, devemos presumir que tudo funciona como na velha física. Alterando-se a teoria referente a essa sequência de eventos, é evidente que a observação é alterada¹. Assim, ele insistiu em que é a teoria que decide sobre o que pode ser observado. [...] Ele frisou que era realmente um perigo dizer que só se deveria falar sobre quantidades observáveis. Toda teoria adequada fornecerá, além de todas as coisas que podem ser observadas, também a possibilidade de observar outras coisas, de maneira indireta. Por exemplo, o próprio Mach acreditava que o conceito de átomo era apenas uma questão de conveniência, de economia de pensamento – ele não acreditava na realidade dos átomos. Hoje, todo mundo diria que isso é um absurdo, que é bastante evidente que os átomos realmente existem. Penso que não se tem nada a ganhar afirmando que os átomos são uma mera conveniência do pensamento – embora isso possa ser logicamente possível”.

Análise: Nesses dois excertos, o que aparece à primeira vista é a constatação da mudança de um Heisenberg empirista para um racionalista, persuadido pelas conversas mantidas com Bohr e Einstein. Com o primeiro, uma mudança já é sugerida (cf. primeiras linhas) quando diz ter “a impressão” da necessidade de precisar se afastar dos conceitos clássicos que parecem evidentes, reforçando isso na parte final do texto, quando critica o empirismo de Mach e pelo que Einstein lhe diz nesse sentido (cf. grifos). A propósito, e mais particularmente, tanto o empirismo quanto o racionalismo que o contrapõe procuram responder a respeito do fundamento do conhecimento, ou seja, sua origem. O empirismo considera como fonte única do conhecimento a experiência¹, enquanto o racionalismo considera a razão. Popper, um racionalista crítico (POPPER, 1972a, p. 221), coloca que “toda observação é realizada à luz de uma teoria” (POPPER, 1972, p. 61). Tal proposição vai ao encontro das afirmações de Heisenberg destacadas pelos grifos: “...observar ou não uma coisa depende da teoria que se usa. É a teoria que decide o que pode ser observado”. No texto fica manifesto que, antes da conversa que manteve com Einstein, a posição de Heisenberg mantinha a tendência empirista, apesar de começar a se autoquestionar a respeito de tal posição, como comentado. Percebe-se isso pelo seu apego aos observáveis, ideia compatível com a metodologia da fenomenologia, cujo fundamento se firma no operacionalismo. Os físicos e filósofos Dingle e Bridgman são os precursores da doutrina operacionalista (DINGLE, 1950; BRIDGMAN, 1950/1951), que faz parte do empirismo na vertente positivista. Essa vertente se preocupa em descrever a natureza da verificação do conhecimento através de métodos científicos, podendo preservar elementos do pragmatismo ou instrumentalismo de Dewey, como mencionado anteriormente. O operacionalismo, propriamente dito, visou eliminar ou afastar da ciência tudo aquilo que não pode ser associado a coisas observáveis, considerando-os como pseudoproblemas, pseudonoções e conceitos metafísicos, pois não podem ser provados, a exemplo das ideias de átomo, éter, espaço e tempo absolutos de Newton (MARTINS, 1982). Para o operacionalismo mais radical, os conceitos ou grandezas físicas precisam ser sempre definidas empiricamente e somente são válidas se forem quantitativas, seguindo uma operação de medição bem definida (DINGLE, 1950; BRIDGMAN, 1950/1951). Aqui, como se nota, há uma intersecção com o pragmatismo metodológico, na medida em que este não pretende definir a verdade ou a realidade,

1 À delimitação, portanto, segue-se no que Hegel (apud ABBAGNANO, 2000, p. 327) reconhecia como método do empirismo: o princípio de que “o que é verdade deve estar na realidade e estar lá para a percepção” e, portanto, “aquilo que o homem quiser admitir em seu saber deverá ir ver pessoalmente, confirmar pessoalmente sua presença”. Isso à medida que “os melhores e mais diretos instrumentos de que o homem dispõe para a verificação de si mesmo e das realidades em que está mais diretamente interessado são os órgãos dos sentidos” (ABBAGNANO, 2000, p. 327).



mas apenas estabelecer um procedimento para determinar o significado dos termos, ou melhor, das proposições (ABBAGNANO, 2000, p. 784). A visão inicial empirista operacional de Einstein, influência de Mach e Poincaré, foi marcante para o desenvolvimento da relatividade restrita, como afirma Martins (1982), e esse entendimento é confirmado pelas palavras de Heisenberg no texto, quando deixa claro que Einstein somente passou a adotar uma posição racionalista da ciência a *posteriori*.

Os *Elétrons e o Núcleo* (p. 85): “Chego agora a desenvolvimentos mais recentes. Talvez, antes de passar à teoria quântica relativista, deva dizer algumas palavras sobre física nuclear. O único ponto em que quero insistir de novo aqui é que é muito mais fácil aceitar novos conceitos que abandonar os velhos conceitos. De fato, quando o nêutron foi descoberto por Chadwick – em 1932, creio –, era quase banal dizer que o núcleo consiste de prótons e nêutrons, mas não era tão banal assim dizer que não há elétrons no núcleo. O ponto central dos artigos que escrevi sobre a estrutura do núcleo não era a afirmação de que o núcleo consistia de prótons e nêutrons, mas a de que, em aparente contradição com os experimentos, não havia elétrons no núcleo. Até aquele momento, todos presumiam que devia haver elétrons no núcleo, porque por vezes eles escapam, e seria muito estranho dizer que já não estavam lá antes. É claro que a ideia era que forças de curto alcance entre nêutron e próton podiam de alguma maneira ter que criar elétrons no núcleo. De qualquer modo, parecia ser uma boa aproximação supor que essas partículas leves não podem existir no núcleo. Lembro que fui fortemente criticado por essa conjectura, por físicos do mais alto nível. Recebi uma carta que dizia ser realmente um escândalo supor que não havia elétrons no núcleo quando era perfeitamente possível vê-los saindo dele; eu estava introduzindo uma completa confusão na física com aquelas hipóteses absurdas e não podiam entender minha atitude. Mencionei esse pequeno episódio apenas para mostrar como é realmente difícil abrir mão de alguma coisa que parece tão natural e tão óbvia que sempre foi aceita por todos. A meu ver, no desenvolvimento da física teórica, esses pontos em que é preciso abandonar velhos conceitos são sempre os que exigem maior esforço.

Análise: Na primeira metade do texto, logo de passagem, nota-se que Heisenberg delineia uma posição indutivista, procedimento² unido à visão empirista na vertente positivista³, e que, na sequência, mostra não aceitar. A posição indutivista encontra-se por detrás do seu comentário de que havia inicialmente o entendimento de o núcleo atômico ser composto por apenas prótons e nêutrons. Porém, posteriormente se chegou à conclusão que essa formulação dos constituintes do núcleo precisaria ser modificada com a adição de elétrons, devido à constatação de que eles eram vistos saindo de núcleos. No caso, o indutivismo está devidamente qualificado, porquanto a natureza da inferência fica assegurada pelo princípio de que, por meio de observações repetitivas, chega-se à conclusão das verdades das proposições. Ou seja, dado que elétrons são vistos sendo emitidos por núcleos, conseqüentemente, a conclusão que se infere dessa observação é a de que tais partículas devem existir no interior dos núcleos atômicos. Na continuidade do texto, em contrapartida, a colocação de Heisenberg de não existir elétrons no núcleo, apesar dessa proeminente evidência, permite classificá-la dentro da epistemologia irracionalista anarquista de Feyerabend, baseada na contrarregra ou contraindução. Alguns dos termos grifados no texto usados por ele (“*escândalo supor*”; “*introduzindo uma completa confusão*”; “*hipóteses absurdas*”) são encontrados com sentidos

2 A indução, como “solução objetivista, consiste em considerar a existência de uma uniformidade da natureza que admite a generalização das experiências uniformes” (ABBAGNANO, 2000, p. 558). “Todas as inferências extraídas da experiência supõem, como fundamento, que o futuro se assemelhará ao passado e que poderes semelhantes estarão unidos a qualidades sensíveis semelhantes” (ABBAGNANO, 2000, p. 558).

3 Os positivistas visaram mostrar que a ciência autêntica é ‘verificada’ e mostra ser verdadeira ou provavelmente verdadeira em relação a ‘sentenças protocolares’ – fatos revelados a observadores cuidadosos por meio de seus sentidos” (CHALMERS, 1994, p. 28).

semelhantes e até “*ipsis litteris*” na proposta epistemológica de Feyerabend, como se constata, por exemplo, em um trecho do seu livro *Contra o Método*: “*Qualquer ideia, embora antiga e absurda é capaz de aperfeiçoar nosso conhecimento*” (FEYERABEND, 1989, p. 65). Segundo tal visão epistemológica, “essa é a via pela qual o conhecimento de hoje pode, amanhã, passar a ser visto como conto de fadas; essa é a via que o mito mais ridículo pode vir a transformar-se na mais sólida peça da ciência” (FEYERABEND, 1989, p. 71). Para a epistemologia feyerabendiana é legítimo defender e apoiar hipóteses *ad hoc* – até mesmo “absurdas” – que não se ajustem ou confrontem diretamente os fatos e resultados experimentais. Como comparação e nessa direção ainda, no seu livro *Contra o Método*, Feyerabend diz que é usual o cientista se valer de hipóteses não intuitivas e antinaturais, contra todas as evidências e de entendimento da física da época. Como exemplo, cita a defesa da cosmologia copernicana de uma Terra em movimento, apesar de várias provas empíricas contrárias, assim como das vigentes concepções físicas e religiosas de mundo a favor da cosmologia ptolomaica de uma Terra estacionária (FEYERABEND, 1989, p. 30, 41, 225). Por outro lado, outra interpretação oposta em termos epistemológicos é possível ser exercitada caso se leve em conta e se some o comentário de Heisenberg feito no trecho *Teoria e Observação segundo Einstein*. Considerando que esse comentário de Heisenberg do atual trecho analisado foi após o ano de 1932, e a conversa mantida com Einstein no trecho *Teoria e Observação segundo Einstein* deu-se em 1926, é aceitável ponderar que Heisenberg se comportou e continuou a preservar uma postura racionalista em suas falas nesse estrato. Levando em conta os dois trechos, cabe, então, uma interpretação popperiana, baseada em conjecturas audaciosas e que devem seguir *a posteriori* testes rigorosos, conforme Popper (1972a, p. 218). Heisenberg, suportado pela conjectura de um modelo teórico nuclear, previa que forças de interação entre nêutron e próton, de alguma maneira, produziam elétrons, devido ao decaimento do primeiro para o segundo, mas que isso não significava que elétrons compunham a estrutura do núcleo. Isso pode ser referendado quando declara no grifo do estrato acima, “...parecia ser uma boa aproximação supor que essas partículas leves não podem existir no núcleo...”. A reforçar essa interpretação racionalista, têm-se dois fatos históricos que Heisenberg deveria estar a par. O primeiro era o conhecimento da descoberta de James Chadwick do nêutron, ocorrida em 1932. Em segundo, a proposta teórica de Enrico Fermi de 1934, que propunha explicar as emissões de partículas observadas resultantes do bombardeio de nêutrons em núcleos atômicos, conhecida por decaimento beta do nêutron. Logo, é razoável supor que Heisenberg, tendo ciência desses estudos, mantinha a conjectura de não existência de elétrons presentes no núcleo, e que, posteriormente, passou por testes que a corroboraram, conforme Popper (1972a).

Material 2 – Filme: Feynman: Chave para a ciência e método científico⁴

Os excertos abaixo foram retirados do filme da palestra de Richard Feynman, laureado com o prêmio Nobel de Física, em 1965. Os parênteses com números referem-se aos instantes em que os excertos aparecem no filme e os parênteses sem números compõem inserções e comentários para melhor esclarecer os argumentos. As falas estão apresentadas, conforme aparecem dubladas no filme.

(0.00) “Agora vamos discutir como encontramos uma nova lei. Em geral, procuramos uma nova lei pelo seguinte processo: primeiro adivinhamos, depois, computamos as consequências do chute [...] (0:19) para ver se a lei que adivinhamos está correta, observamos o que implicaria. E,

4 <https://youtu.be/GI5gXtUkK3s>



então, comparamos os resultados calculados com a natureza. Ou, como dizemos, comparar com o experimento ou experiência, comparamos diretamente com as observações para ver se funciona. Se discordar com o experimento. Está errado. (0:48) Nesta simples declaração está a chave para a ciência. Não importa o quão lindo seu chute é (sic). (0:58) Se discordar com o (sic) experimento... está errado. Portanto, não é anticientífico dar um palpite. (3:51) Agora você vê, é claro, que com este método, podemos refutar qualquer teoria definitiva [...] (03:59) em princípio, podemos nos livrar de qualquer teoria. Você pode provar que qualquer teoria definitiva está errada. (04:06) Observe, porém, que nós nunca provaremos que ela está correta. Suponha que você invente um bom palpite, calcule as consequências, e descobre que em todas as vezes suas consequências que calculou está de acordo com o experimento. A teoria está correta? Não, ela simplesmente não está provada que está errada. Porque, no futuro, pode haver um grande número de experiências. Você pode calcular uma maior variedade de consequências e você pode, em seguida, descobrir que a coisa está errada [...] (4:43) e levou várias centenas de anos (sic)⁵ até que um ligeiro erro do movimento de Mercúrio fosse descoberto. Durante todo esse tempo, a teoria não foi provada errada e poderia ser considerada temporariamente certa. Mas nunca poderia ser provada certa, porque o experimento do amanhã pode ter sucesso em provar errado o que você pensou que era certo/errado. (4:59) Nunca podemos estar definitivamente certos, só podemos ter certeza de que estamos errados. [...] (6:26) (somente quando) uma teoria (for) perfeitamente legítima [...] você pode fazer testes.

Análise: O filme trata de uma palestra de Feynman acerca da sua visão de ciência, em particular, da física, e que entende, conforme o instante (3:51), que ela funciona segundo um “método”. Por esse pensamento e pelo o que em parte já foi dito na análise anterior e mais do que vem a seguir, Feynman é um racionalista, na medida que entende haver uma demarcação entre ciência e não ciência. Nesse caso, portanto, existe um critério único e atemporal para avaliar teorias, como já dito (Chalmers, 2000, p. 136). O critério que sustenta o seu método consiste no falseamento definitivo das teorias, uma vez que estas encerram o estatuto de suposições a serem descartadas quando se veem desmentidas pelos fatos. Para Feynman, somente teorias aptas a serem conclusivamente falseadas são científicas. O seu entendimento de que as teorias são meras suposições vêm evidenciadas nos excertos sublinhados acima “chute”, “palpite”, “adivinhação”. Por esses termos e falas, a ciência, para Feynman, está fundada e se enquadra epistemologicamente no que Lakatos (1992, p. 12) denomina de *falseacionismo dogmático*, que compreende a “classe mais fraca de justificacionismo”. Lakatos (1992, p. 11) afirma que o justificacionismo é “a identificação do conhecimento com o conhecimento provado”, uma tradição dominante do pensamento racional por séculos.

O falseacionismo dogmático admite a falibilidade de todas as teorias científicas sob o escrutínio de uma infalível base empírica. Ressalte-se que daí decorre, portanto, que uma base empírica é suficiente para provar que a teoria seja definitivamente falsificada. Isso porque, para essa vertente, o empírico não está submetido a possíveis interpretações, mas suporta, de imediato, a verdade evidente. No fundo, como analisado mais abaixo, o pensamento falseacionista dogmático é estritamente empirista, sem ser indutivista (Lakatos, 1992, p. 12). Sem dúvida, é possível constatar que, nas falas dessa palestra, Feynman encontra-se legitimamente classificado como falseacionismo dogmático em muitos momentos, como, por exemplo: (0:48) [...] “Não importa o quão lindo seu chute (teoria) é (sic) [...] (0:58) Se discordar (a teoria) com o (sic) experimento... está errado (a teoria)...

5 Mais precisamente, o primeiro cálculo da precessão de Mercúrio foi realizado no ano de 1845 por Le Verrier, mas só reconfirmado por ele mesmo em 1859 (Cunha, 2017, p. 45) e como Newton faleceu em 1727, portanto, o período de tempo foi menos de um século e meio e não de várias centenas de anos.

(03:59) em princípio, podemos nos livrar de qualquer teoria. Você pode provar que qualquer teoria definitiva está errada. (04:06) Observe, porém, que nós nunca provaremos que ela está correta". Em outras ocasiões, complementa ao afirmar que explicações e metodologias vagas, tais como as que tratam da percepção extrassensorial (2:46), influências astrológicas (3:21) ou de questões psicológicas (6:37) estão erradas (5:14 - 5:21), pois os testes para isso acontecer são imprecisos e a natureza vaga as protege da refutação, logo, não podem ser consideradas científicas. Por exemplo, no caso da astrologia, Feynman ironiza no filme, dizendo que se fosse verdade que as estrelas pudessem afetar o melhor dia para ir ao dentista "...então as teorias da Física estariam erradas, porque não há mecanismo, a princípio, que faria isto acontecer" (3:33) e considerar como sendo boas teorias aquelas que não se conseguem provar que estão erradas (5:32) é um erro, e portanto, é não ser científico, ou seja, mais uma vez explicita seu critério de demarcação.

Por sinal, é preciso dizer que enquanto o justificacionismo clássico compreende que as teorias científicas são aquelas capazes de serem provadas, o falseacionista dogmático, que, como dissemos, também é uma classe de justificacionismo, sendo que, no caso, agora as teorias podem ser refutadas⁶. O motivo para as duas visões serem classificadas como justificacionistas, segue da concordância de que ambas preservam o estatuto da base empírica da verdade que se transmite. No primeiro caso, para as teorias provadas, no segundo, para as teorias refutadas. A base empírica, inicialmente pensada pelos empiristas clássicos (justificacionistas) como sendo capaz de transmitir a verdade para (provar) as teorias, no falseacionismo dogmático são, agora, usadas e justificadas da mesma forma, ou seja, como contra evidência empírica e de árbitro final e indiscutível para refutar teorias. O empírico em ambas preserva o mesmo estatuto de prova definitiva. No caso da segunda, para provar que a teoria é falsa. Assim, para o falseacionismo dogmático, as teorias nunca podem ser provadas, mas podem definitivamente ser refutadas, como se constata na afirmação de Feynman: (03:59) "em princípio, podemos nos livrar de qualquer teoria. Você pode provar que qualquer teoria definitiva está errada. (04:06) Observe, porém, que nós nunca provaremos que ela (teoria) está correta".

A discussão do filme de Feynman dá oportunidade para que o professor diferencie o falseacionismo dogmático do falseacionismo metodológico ingênuo, que Lakatos (1992, p. 20) atribui à epistemologia de Popper, e que, muitas vezes, são confundidos. Enquanto o primeiro tem estatuto justificacionista, o segundo assim não o é. Ambos consideram o conhecimento falível e provisório, visto ser sempre considerado uma mera suposição. Nada obstante, enquanto para o primeiro, o conhecimento é definitivamente falível, para o segundo isto não ocorre, pois fica na dependência de um conhecimento de fundo convencional e que Popper denomina de "base empírica" (Popper, 1972a, p. 263. Lakatos (1992) relembra que, para visões justificacionistas⁷, por centenas de anos, o conhecimento científico significou conhecimento provado, tanto pela força do intelecto quanto pela evidência dos sentidos. Para Lakatos (1992), Popper teve o mérito de perceber que tal compreensão foi abalada e caiu por terra, principalmente devido à derrocada da inabalável física newtoniana após 150 anos de vigência e de sua substituição pela teoria da relatividade, ainda que, segundo Lakatos, houvesse tentativas infrutíferas de resistência de alguns empiristas lógicos de buscarem o ideal pela alternativa da verdade mais provável (Lakatos, 1992, p. 8), e que Popper discutiu ser equivocada (Popper, 1972).

O falseacionismo metodológico igualmente usa o empírico como teste para falsear teorias.

6 Conforme Medawar (apud Lakatos p. 116), "*pode executar com certeza lógica completa [o ato de] repúdio do que é falso*".

7 "*De inclinações ao empirismo dogmático – quer sejam indutivistas, probabilistas, falsificacionistas dogmáticos, ou ainda convencionalistas conservadores*" (Lakatos, 1992, p. 121).





Porém, ele se diferencia do dogmático por estabelecer que tanto a entidade teoria quanto a entidade empírica são problemáticas, dado que ambas são interpretações: “O falseacionista metodológico separa a rejeição da refutação, que o falseacionista dogmático havia fundido” (Lakatos, 1992, p. 25). No caso, cai por terra o martelo definitivo do empírico para negar a teoria. Tanto os termos observacionais como os teóricos são teóricos (Popper, 1972a, p. 146). Fundamentalmente, o primeiro falseacionismo difere do segundo por sustentar que o valor de verdade das afirmações vindas da base empírica pode ser decidido só por consenso. Assim, aceita-se, em uma dada ocasião, que o conhecimento contextual de fundo não é questionável, assim como a existência de uma técnica experimental pertinente, de forma tal que quem a tenha aprendido possa usá-la, a fim de decidir que o enunciado empírico seja aceitável para testar a teoria. Isso não significa que elas não sejam discutidas criticamente. O que Popper coloca é que é impraticável contestar tudo ao mesmo tempo. Quando se discute um problema sempre se aceita todos os tipos de coisas como não problemáticas, mesmo que temporariamente. Poucas porções desse conhecimento de fundo parecerão não problemáticas em qualquer circunstância e qualquer parte poderá se contestada em qualquer ocasião. Segundo Popper, todo vasto acervo de conhecimento de fundo usado constantemente permanecerá incontestado por motivos práticos, com todo teste baseado nele sempre tendo em conta seus riscos (Popper, 1972a, p. 264-265).

Como resume Lakatos (1992, p. 22), “o falseacionista metodológico não é um justificacionista, por isso não tem ilusões a respeito de provas experimentais, e tem plena consciência da falibilidade das suas decisões e dos riscos que está assumindo”, por tomá-las por convenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Excertos de um livro e de um filme foram analisados sob o escrutínio de referenciais epistemológicos, tendo em vista que deveriam compor qualquer disciplina de evolução dos conceitos da Física. O livro, com natureza de divulgação científica para eleitores com conhecimentos básicos de física, trata do desenvolvimento de um período importante da evolução moderna dessa ciência, constando reflexões de alguns dos maiores cientistas da época. O filme refere-se a uma palestra acerca do que é ciência na visão de um laureado cientista. Servindo-nos desses meios distintos de comunicação, primeiramente, fizemos ver que, assim como as historiografias da ciência vêm impregnadas das visões de seus historiadores, também esses meios à disposição do público transmitem posições epistêmicas dos seus produtores, diretores e protagonistas. Logo, a destacar, dominar os conteúdos relativos à epistemologia permite evidenciar as concepções de ciência subjacentes dessas produções.

Uma vez que a disciplina de evolução abarca esse tipo de estudo, permite que os alunos, diante de vários meios de comunicação, apliquem, orientados pelo professor, os conhecimentos aprendidos para avaliar suas narrativas. Com isso, tornam-se capacitados para não se tornarem reféns das visões epistemológicas que se encontram veladas pelos elaboradores desses meios midiáticos. Tal ponto é um fator motivador para os estudantes estarem participando da disciplina, haja vista que costuma ser pouco valorizada tanto pelo corpo docente como pelos próprios alunos, posto que a prioridade dos cursos se encontra na formação técnica. É preciso dizer que tais argumentos se estendem para livros, revistas, TV, rádios, artigos de jornais, documentários em geral, e até mesmo para professores e colegas que sempre estão a transmitir concepções de ciência em suas narrativas. Daí a importância de o estudante de evolução dos conceitos estar preparado para não ser seduzido

por interpretações ingênuas da ciência, permitindo sair de uma posição passiva para uma crítica, diante dessas situações.

Como se encontram no entorno do professor, os materiais comunicativos citados podem ser empregados com fins didáticos complementares dentro da programação da disciplina. Ele pode usá-los durante o ensino do conteúdo, de modo a fazer ver as posições envolvidas na elaboração dos materiais do ponto de vista de pressupostos epistemológicos, a fim de ultrapassar o simples conhecimento direto de cronologias e descrição de fatos, equipamentos e biografia de pessoas. Decorre daí poderem ser utilizadas ou como exercícios de aplicação, ilustração ou de avaliação dos conhecimentos aprendidos.

A propósito, mediante a utilização desses conhecimentos como ferramentas culturais à disposição do estudante, se consegue consolidar não apenas conceitos teóricos aprendidos, mas igualmente aplicá-los em várias situações, uma vez que lhe proporciona capacidade analítica para interpretar discursos e narrativas em seu entorno quase sempre simplórias, de senso comum, concentrada em valorizar apenas fatos e acontecimentos declarativos, longe de perceber a tipologia epistêmica por detrás do discurso. Igualmente, vale dizer, pela relevância que possui, que essa habilidade analítica capacita o licenciando à tomada de consciência da sua própria visão de ciência e que a mesma está sempre sendo transmitida para os seus futuros aprendizes na sala de aula.

Enfim, espera-se, com este estudo, realçar a importância da disciplina de evolução nos cursos de física para a formação dos seus profissionais, ao mesmo tempo em que fica a sugestão da proposta aqui apresentada para os professores que a ministram.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de Filosofia**. 4. ed. Sao Paulo: Martins Fontes, 2000.
- CARNAP, Rudolf. Pseudoproblemas na Filosofia. *In: Os Pensadores* - Schilick/Carnap. 2. ed. São Paulo: Abril S. A. Cultural, 1985.
- CHALMERS, Alan. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Editora. Brasiliense, 2000.
- CHALMERS, Alan. F. **A Fabricação da Ciência**. São Paulo: Editora Unesp, 1994.
- CUNHA, Ricardo Fagundes Freitas. **A gravitação e a precessão de Mercúrio: um texto para professores do Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/12/teses/854534.pdf>. Acesso em: 5 out. 2023.
- BACHELARD, Gaston. **A filosofia do não**. Coleção: Os Pensadores, Abril Cultural, Editor: Victor Civita, São Paulo, 1979.
- BOARO, André Boaro; MASSONI, Neusa Teresina. O uso de elementos da história e filosofia da ciência (hfc) em aulas de física em uma disciplina de estágio supervisionado: alguns resultados de pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 3, 110-144, 2018. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1132>. Acesso em: 5 out. 2023.
- BRIDGMAN, Percy William. The operational aspect of meaning. **Synthese**, 8, n. 6/7, 255 - 259, 1950/1951. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20114104>. Acesso em: 5 out. 2023.
- DINGLE, Herbert. Theory of measurement. **British Journal for the Philosophy of Science**, v. 1, n. 5, 5-26, 1950. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/685667>. Acesso em: 5 out. 2023.



FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. 3. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

GOMES, William B. Gnosiologia versus epistemologia: distinção entre os fundamentos psicológicos para o conhecimento individual e os fundamentos filosóficos para o conhecimento universal. **Periódicos Eletrônicos de Psicologia**, v.17, n. 1, Ribeirão Preto, online, 2009. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X2009000100005. Acesso em: 5 out. 2023.

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. **Dicionário Básico de Filosofia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2021. Disponível em: http://raycydio.yolasite.com/resources/dicionario_de_filosofia_japiassu.pdf. Acesso em: 5 out. 2023.

LAKATOS, Imre. History of Science and its Rational Reconstruction. In: R. C. Buck & R. S. Cohen (Eds.), **Boston Studies in the Philosophy of Science** (vol. VIII, pp. 91-136). Dordrecht, Holland: Reidel, 1971.

LAKATOS, Imre. **The methodology of scientific research programmes**. Philosophical Papers Volume 1. Cambridge: University Press, 1992, 250 p.

MARTINS, Roberto de A. A visão operacional dos conceitos e medidas físicas. **Revista de Ensino de Física**, 4, 57-58, 1982. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol04a04.pdf>. Acesso em: 5 out. 2023.

MACLACHLAN, James. Drake against the philosophers. In: T. H. Çevere & W. R. Shea (eds.) **Nature, Experiment, and the Science**, Kluwer, Dordrecht, 123-144, 1990.

MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 12, 3: 164-214, 1995. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>. Acesso em: 5 out. 2023.

MURARO, Darcisio Natal. Pragmatismo e epistemologia: a perspectiva naturalista-instrumentalista de dewey. **Pensamento – Revista de Filosofia**, v. 10, n. 20: 42-57, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/pensando/article/view/8686>. Acesso em: 5 out. 2023.

POPPER, Karl R. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1972, 567 p.

POPPER, Karl R. **Conjecturas e refutações**. Brasília. Editora Universidade de Brasília, 1972a, 449p.

SALAM, Abdul. **A Unificação das Forças Fundamentais**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

SILVA, Osmar Henrique Moura; LABURÚ, Carlos Eduardo, CAMARGO, Sérgio; CRISTÓFALO, Ailton Acácio Castilho. Epistemological Contributions Derived from an Investigative Method in an Experimental Class in the Study of Hooke's Law. **Revista Acta Scientiae**. v. 21, p. 110-127, 2019. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/8477/ae7f4cf75e5de962ac32febeb892080a6869.pdf>. Acesso em: 5 out. 2023.

SILVA, Osmar Henrique Moura.; LABURÚ, Carlos Eduardo; COSTA, Thiago Queiroz. Ensaio à formação de licenciandos para retificar a prosperação de lições implícitas com visões indesejadas da natureza da ciência. **Actio: Docências em Ciências**. Curitiba, v. 9 (1), p. 1-19, jan./abr., 2024. DOI: 10.3895/actio.v9n1.1.

WARTOFSKY, Marx W. The relation between philosophy of science and history of science, In R. S. Cohen, P. K. Feyerabend & M. W. Wartofsky (eds.) Essays in: **Memory of Imre Lakatos**, Reidel, Dordrecht. (Boston Studies in Philosophy of Science Vol. 39). Republished in his Models, Reidel, Dordrecht, 1979.

ZANETIC, João. **Evolução do Conceitos da Física, 1ª parte. Alguns tópicos de "filosofia" da ciência, notas de aulas**. Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/prod_docente/materiais/Zanetic_Evolucao_dos_conceitos_da_Fisica_1a_parte_Filosofia_2019-2020.pdf. Acesso em: 5 out. 2023.