e-ISSN 2764-7161
Escritos Especiais

IMPACTO
Revista de Pesquisa em Ensino de Ciências

João Zanetic e Gaston Bachelard: contribuições para o Ensino de Física

João Zanetic and Gaston Bachelard: contributions to Physics Teaching

João Zanetic y Gaston Bachelard: contribuciones a la enseñanza de la física

Maria da Conceição de Almeida Barbosa Lima
Universidade do Estado do Rio de Janeiro [UERJ], Rio de Janeiro, RJ, Brasil
https://orcid.org/0000-0002-1290-0060
Giselle Faur de Castro Catarino
Universidade do Estado do Rio de Janeiro [UERJ], Rio de Janeiro, RJ, Brasil
http://orcid.org/0000-0002-0490-140X

E-mail de correspondência: mcablima@uol.com.br
Recebido em: 24/05/24 • Aceito em: 10/06/24 • Publicado em: 27/06/24
DOI: 10.12957/impacto.2024.85429

Resumo

Nesse escrito especial nosso propósito é homenagear João Zanetic, mesmo sem alcançar sua grandiosidade e sua generosidade. Professor e pesquisador do Instituto de Física da Universidade de São Paulo por vários anos, dentre muitas de suas propostas para a área de Ensino de Física, foi o precursor da pesquisa de Física e Arte, através da Literatura. Chamamos a este texto Gaston Bachelard por ter sido, senão o referencial preferido por Zanetic, com certeza, um deles. Fica aqui, portanto, nossa homenagem a um grande professor de todos nós.

Palavras-chave: Zanetic. Bachelard. Ensino de Física. Cultura.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial (CC BY-NC 4.0).

Abstract

In this special writing, our purpose is to honor João Zanetic, even without achieving his grandeur and generosity. Professor and researcher at the Physics Institute of the University of São Paulo for several years, among many of his proposals for the area of Physics Teaching, he was the precursor of Physics and Art research, through Literature. We call this text Gaston Bachelard because it was, if not Zanetic's preferred reference, certainly one of them. Here, therefore, is our tribute to a great teacher of all of us.

Keywords: Zanetic. Bachelard. Teaching Physics. Culture.

Resumem

En este escrito especial, nuestro propósito es honrar a João Zanetic, aún sin alcanzar su grandeza y generosidad. Profesor e investigador del Instituto de Física de la Universidad de São Paulo durante varios años, entre muchas de sus propuestas para el área de la Enseñanza de la Física, fue precursor de la investigación en Física y Arte, a través de la Literatura. Llamamos a este texto Gastón Bachelard porque era, si no la referencia preferida de Zanetic, sí una de ellas. Aquí, por tanto, nuestro homenaje a un gran maestro de todos nosotros.

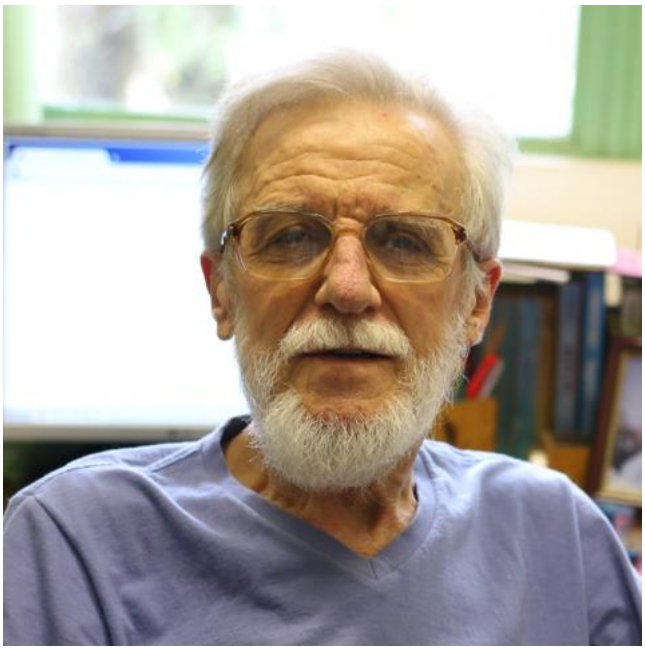
Palabras-clave: Zanetic. Bachelard. Enseñanza de Física. Cultura.

INTRODUÇÃO

"Onde você vê um obstáculo
alguém vê o término da viagem
e o outro vê uma chance de crescer"
Fernando Pessoa

A epígrafe deste texto traduz, de certa maneira, o pensamento com que João Zanetic nos inoculou durante sua carreira de professor e pesquisador. Aqueles olhos azuis, mansos, tomavam brilho de expressividade ímpar quando o tema era ensino, principalmente ensino de física. O brilho de seu olhar transbordava para além das leis de conservação e invadiam a literatura, a música, a pintura; e, junto com todo este material de conhecimento ele transmutava o ensino de física em cultura. Cultura a ser apreciada por jovens licenciandos ou mais jovens ainda, aqueles do ensino médio. Mas, talvez sua força de persuasão tenha se demonstrado mais aguçada e forte, quando essa "nova" cultura enebriava os mais velhos, seus colegas de universidade ou de academia, em geral.

Figura 1
João Zanetic



Fonte: Comunicação IFUSP

Em sua busca constante por questões relevantes para a pesquisa na área de ensino, mais especificamente de ensino de física, percebeu que Gaston Bachelard seria o mais próximo de si, provocando íntimas relações com questões bachelardianas, principalmente as que vieram do Bachelard noturno.

Esse escrito visa ser uma homenagem a Zanetic reunindo alguns de seus trabalhos com os conceitos da obra de Bachelard. Para isso, apresentaremos neste ensaio os principais conceitos de Bachelard que contribuíram para o entendimento da visão de mundo: obstáculo epistemológico, ruptura epistemológica e descontinuidade; e após uma discussão dos problemas epistemológicos da Física moderna, será discutida a contribuição de Bachelard à Educação, mais especificamente ao Ensino de Física, quando mostraremos a contribuição de Zanetic nesta seara.

QUEM FOI JOÃO ZANETIC

Graduado em Física (1967) e mestre em Física (1972) pelo Instituto de Física (IF), mestre em Science Education pela University of London (1974), Zanetic doutorou-se em Ensino de Física pela Faculdade de Educação da USP (1990), ao defender a tese intitulada “Física também é Cultura”, orientada pelo professor Luis Carlos de Menezes. Como docente do IF, viria a orientar pelo menos 26 dissertações de mestrado e oito teses de doutorado.

Zanetic entrou, como estudante, na USP no dia do golpe militar de 1964, 01 de abril. Militou contra a ditadura militar e pelas causas docentes até o fim de sua vida. Seus amigos mais próximos recebiam com prazer as histórias que contava sobre os tempos de estudante e de jovem professor.

Sua tese, defendida muitos anos após ter terminado seu mestrado, foi um marco na área de Ensino de Física: Física também é Cultura é texto citado com frequência. Em seu artigo "Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas", publicado em 2006, mais uma vez defende a aproximação entre física e literatura. Nesse texto, como em vários outros, se aproxima da filosofia bachelardiana, discutindo os perfis epistemológicos.

Sugerimos que sejam lidas as várias homenagens feitas a Zanetic, principalmente a da Associação dos Docentes da Universidade de São Paulo e o livro Física ainda é cultura (Martins, 2009), publicado pela Livraria da Física, que é um conjunto de artigos de seus ex-alunos, mostrando que suas ideias continuam presentes.

Vamos agora apresentar algumas ideias do filósofo Gaston Bachelard que influenciaram João Zanetic e sua obra tão importante para nossa área.

GASTON BACHELARD E O OBSTÁCULO EPISTEMOLÓGICO

Gaston Bachelard (1884 – 1962) procurou captar em sua obra o pensamento científico na sua dialética, promovendo o caráter inovador da ciência contemporânea. Em seu projeto epistemológico, Bachelard tende para um pluralismo filosófico e assinala à filosofia um lugar entre a ciência e a poesia. Dessa maneira, podemos encontrar dois caminhos entrelaçados trilhados em sua complexa obra: Bachelard "diurno" e Bachelard "noturno". No primeiro, ele pensa o saber científico e os progressos contemporâneos das ciências (física e química) enquanto no segundo se debruça sobre a criação artística, o devaneio, as imagens poéticas, as potências da imaginação. Nos dois casos, ele procura estabelecer as relações dos homens com seu próprio saber.

Diante da realidade da produção do conhecimento científico, é importante ressaltar que a obra de Bachelard procura destacar as armadilhas e as dificuldades que cercam as descobertas da ciência. Essas dificuldades, presentes na pesquisa científica, são apresentadas por esse filósofo a partir da função positiva dos erros. Para ele, os obstáculos ao conhecimento estão presentes em nós e à nossa volta e sua superação é necessária para o desenvolvimento da ciência.

Para entender o que diz Bachelard a respeito de cada momento histórico, precisamos classificar as três etapas do pensamento científico (Bachelard, 1996a). A primeira corresponde ao

estado pré-científico que compreende o período da Antiguidade clássica até o século XVIII e se caracteriza pelo concreto, intuitivo e pessoal na mentalidade pré-científica. O segundo período, chamado de estado científico, se estende do fim do século XVIII até o início do século XX. E a terceira etapa que surge no ano de 1905, o novo espírito científico. Nesse período, a Relatividade de Einstein "deforma conceitos primordiais que eram tidos como fixados para sempre" (Bachelard, 1996a, p. 9).

Na obra de Bachelard, a dificuldade é a marca distintiva do trabalho produtivo. Segundo ele, é em termos de obstáculos – lentidões e conflitos –, que surgem na busca pelo conhecimento, que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. Além disso, a importância do obstáculo epistemológico é clara em sua obra: "...o que limita o conhecimento é, muitas vezes, mais importante para o progresso do pensamento do que aquilo que estende vagamente o conhecimento." (Bachelard, 1996a, p. 89).

O conhecimento comum, que Bachelard chama também de "inconsciência de si", tende a traduzir necessidades em conhecimentos. Essas ideias conflitantes, muitas das vezes, não são superadas e permanecem no cerne da atividade científica. Por isso, para Bachelard, a opinião é o primeiro obstáculo a ser superado.

Essa questão vai ao encontro das atuais pesquisas em educação em ciências. A importância de se trabalhar com as concepções alternativas – senso comum – dos alunos em sala de aula é um tema muito relevante na área. Segundo Mortimer, "as ideias prévias e alternativas dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que só é possível aprender com base no que já é conhecido" (Mortimer, 2000, p. 26).

E para superar esses obstáculos epistemológicos é preciso saber formular problemas e questões que busquem a "troca" do conhecimento comum pelo conhecimento científico. Para Bachelard, gostar mais de respostas do que de perguntas constitui um verdadeiro empecilho ao trabalho criativo, produtivo. Dessa maneira, o homem movido pelo espírito científico deve desejar conhecer, mas para melhor questionar.

O questionamento surge também da capacidade de abstração que permite ver além do intuitivo. Eis a grande necessidade para o desenvolvimento da ciência: abstrair para criar. A abstração é um dever, o dever científico. Segundo Bachelard, "a abstração desobstrui o espírito, o torna mais leve e mais dinâmico" (Bachelard, 1996a, p. 8).

Por isso a experiência não deve buscar ser concreta e real, natural e imediata. Esse caráter da experiência é também um obstáculo que impede o processo de abstração, gerando uma natureza uniforme da atividade científica. Em sua obra Bachelard diz: "... apresentamos assim uma das principais teses deste livro, que é a da supremacia do conhecimento abstrato e científico sobre o conhecimento primeiro e intuitivo" (Bachelard, 1996a, p. 132).

Outro obstáculo para o pensamento científico é a experiência colocada acima da crítica. A Atividade experimental sem intervenção da razão não pode constituir uma base segura. Por isso, para Bachelard, o espírito científico deve formar-se contra o impulso e a informação da Natureza, contra o fato corriqueiro sem análise racional. É fundamental, para que um fato seja definido e situado, um mínimo de interpretação.

Torna-se então necessário resistir ao que é intuitivo, resistir à satisfação imediata da curiosidade para compreender a cultura científica. E para resistir a essa limitação empírica, devemos lutar contra nós mesmos, já que o que existe de mais imediato na experiência primeira são nossas paixões e nossos desejos inconscientes.

E essa questão intuitiva está diretamente relacionada ao imagético. A ciência não deve ser construída por imagens. Por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas. Como diz Bachelard: "Mais vale a ignorância total do que um conhecimento esvaziado de seu princípio fundamental" (Bachelard, 1996a, p. 50).

Para superar esse obstáculo epistemológico é preciso falar em racionalização da experiência que não busca simplesmente uma razão para um fato. A racionalização procura se libertar das convicções primeiras e da necessidade de certeza imediata.

O outro grande obstáculo presente na História da Ciência que prejudicou o progresso do conhecimento científico foi a falsa doutrina do geral. As grandes verdades primeiras, definições intocáveis que buscam esclarecer toda doutrina, bloqueiam as ideias e impedem o desenvolvimento da atividade científica.

Bachelard mostra que a tendência dessas grandes verdades, presentes no limiar de cada ciência, é sempre excluir as perturbações, variações e anomalias. Entretanto, um dos aspectos mais notáveis da física contemporânea que permitiu, em apenas 25 anos, um desenvolvimento espantoso é que ela trabalha quase exclusivamente na zona das perturbações. É então que se percebe que a ciência constrói seus objetos, que nunca ela os encontra prontos.

Tal tendência da atividade pré-científica, o desdém pelo pormenor e o desprezo pela precisão mostram que o pensamento pré-científico se fechou no conhecimento geral e aí quer permanecer. Dessa maneira, o vínculo entre o conhecimento pré-científico e o conhecimento comum é, segundo Bachelard, curto e forte.

Um dos obstáculos ao pensamento científico discutidos na obra de Bachelard, hábitos de natureza verbal, é encontrado também na pesquisa em ensino de ciências como mostra Lemke (1997) em Aprender a Hablar Ciencias. Esse autor afirma que é necessária e fundamental a aquisição de uma nova linguagem, própria das ciências, que, apesar de empregadas também no cotidiano, em salas de aula encerram uma conceituação precisa. Segundo Bachelard, é em uma experiência mais subjetiva que reside a verdadeira inércia espiritual. É aí que se encontram as verdadeiras palavras-obstáculo.

Esses primeiros obstáculos tratados até aqui – conhecimento comum, tendência ao conhecimento geral e verbalismo – são considerados, como pudemos notar, muito importantes também para a prática do ensino de física. Entretanto, pode-se perguntar: que papel tem os outros obstáculos epistemológicos? Esses outros obstáculos destacados por Bachelard serão apresentados por suas próprias palavras, extraídas de sua obra e aqui reunidas.

Tratando do conhecimento unitário e pragmático como obstáculo ao desenvolvimento científico, Bachelard afirma que:

> todas as dificuldades se resolvem diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio geral da Natureza. Vamos mostrar que tal generalidade – e outras generalidades conexas – são, de fato, obstáculos para o pensamento científico. (...) Para o espírito pré-científico, a unidade é um princípio sempre desejado, sempre realizado sem esforço. O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa. À mínima dualidade, desconfia-se de erro. (...) “O que era inconcebível mecanicamente, por uma ação física, torna-se concebível quando ligado a uma ação divina”. “Seria possível, aliás, escrever um livro com o estudo das obras, ainda numerosas no século XVIII, em que a Física está associada à Teologia, em que o Gênese é considerado uma Cosmogonia científica (...). (Bachelard, 1996a, p. 103, 107, 108).

Como já mostrado anteriormente, para Bachelard o erro é essencial para apontar os obstáculos epistemológicos, ou seja, “se queremos aquilatar as dificuldades da formação do espírito científico, não será bom examinar, primeiro, os espíritos confusos, a fim de delinear os limites entre o erro e a verdade?” (Bachelard, 1996a, p. 112).

Uma outra questão importante é que, mesmo quando o fenômeno não se vincula à substância, a mente pré-científica procura a explicação substancialista. Este é outro obstáculo que Bachelard identifica:

> A ideia substancialista quase sempre é ilustrada por uma simples continência. É preciso que algo contenha, que a qualidade profunda esteja contida. Logo se percebe que, para o espírito pré-científico, a substância tem um interior; ou melhor, a substância é um interior. (...) "A substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entravar os futuros progressos do pensamento científico tanto quanto a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima, pois tal substancialização permite uma explicação breve e peremptória. Falta-lhe o percurso teórico que obriga o espírito científico a criticar a sensação (Bachelard, 1996a, p. 123, 127).

Como exemplo, surge: "pensa-se como se vê, pensa-se o que se vê: a poeira gruda na parede eletrizada, logo, a eletricidade é uma cola, um visco" (Bachelard, 1996a, p. 128).

A tendência a utilizar metáforas biológicas para explicar fenômenos físicos é outro obstáculo – animista – à construção de teorias científicas: "é como obstáculos à objetividade da fenomenologia física que os conhecimentos biológicos devem chamar nossa atenção" (Bachelard, 1996a, p. 185). Revela ainda que "Vida é uma palavra mágica. É uma palavra valorizada. Qualquer outro princípio esmaece quando se pode invocar um princípio vital" (Bachelard, 1996a, p. 191).

Finalmente, Bachelard aponta o conhecimento quantitativo como um obstáculo ao desenvolvimento da Ciência:

> um conhecimento objetivo imediato, pelo fato de ser qualitativo, já é falseado. Traz um erro a ser retificado. Esse conhecimento marca fatalmente o objeto com impressões subjetivas, que precisam ser expurgadas; o conhecimento objetivo precisa ser psicanalizado. (...) Seria aliás, engano pensar que o conhecimento quantitativo escapa, em princípio, aos perigos do conhecimento qualitativo. (...) Mas, como os obstáculos epistemológicos andam aos pares, até no reino da quantidade vemos opor-se à atração por um matematismo demasiado vago, a atração por um matematismo demasiado preciso. (...) Pretender esgotar de uma só vez a determinação quantitativa é deixar escapar as relações do objeto. (...) É preciso refletir para medir, em vez de medir para refletir (Bachelard, 1996a, p. 259-260, 262).

Analisando todos esses obstáculos epistemológicos, Bachelard defende que o espírito científico deve vencer esses obstáculos e se constituir como conjunto de erros retificados. Para ele, "não há verdade sem erro retificado" (Bachelard, 1996a, p. 293).

João Zanetic revela que Bachelard foi um promotor da luta contra os preconceitos e barreiras que dificultam o desenvolvimento do conhecimento científico através da superação dos obstáculos epistemológicos:

> Assim, a crença de que os objetos mais pesados chegam antes ao solo, a concepção não-inercial dos movimentos, a concepção de espaço e tempo como entidades absolutas e até mesmo a ideia de que uma partícula quântica é uma partícula pequena, como destaca Bachelard, são alguns exemplos desses obstáculos epistemológicos. Segundo o epistemólogo, tais obstáculos originam-se nas resistências psicológicas a abandonar certas concepções que causariam instabilidade psíquica, nas crenças

> produzidas por fatores culturais diversos como, por exemplo, os religiosos, os ideológicos e, até eu acrescentaria, os vindos da ficção científica... (Zanetic, 2006, p. 53).

É a partir de tais reflexões que Zanetic revela a necessidade de sofisticação da formação de professores de nível médio para que práticas interdisciplinares sejam possíveis. Só assim, com esses professores, seria possível "ousar percorrer a ponte entre ciência e arte, acabando com os dois analfabetismos: o literário e o científico" (Zanetic, 2006, p. 55), unindo de forma única Bachelard diurno e Bachelard noturno.

A RUPTURA COM O CONHECIMENTO COMUM E A DESCONTINUIDADE NA CIÊNCIA

Para Bachelard, a História da Ciência revela rupturas que correspondem à superação dos obstáculos. Essas rupturas estão intimamente relacionadas, como enfatiza a análise bachelardiana, com a descontinuidade no desenvolvimento da Ciência.

Essa descontinuidade é tratada com muita nitidez no âmbito das ciências físicas, no seu desenvolvimento contemporâneo. Para Bachelard, elas são domínios de pensamento que rompem claramente com o conhecimento vulgar. Em sua obra, Bachelard esclarece que a educação científica se opõe à constatação dessa profunda descontinuidade epistemológica na medida em que não visa outra física senão a "física morta". Segundo ele,

> ... Émile Borel mostrou que a mecânica clássica, a mecânica morta, continuava a ser uma cultura indispensável para o estudo das mecânicas contemporâneas (relativista, quântica, ondulatória). Mas os rudimentos não são suficientes para determinar as características filosóficas fundamentais da ciência (Bachelard, 2001, p. 18).

Nesse ponto lembramos novamente de Zanetic nos instando a lecionar a Física do século XX, comentando que em alguns tópicos nós ensinávamos a física de antes mesmo do século XIX, viajávamos no tempo numa viagem regressiva. Seu pedido era que ensinássemos a física de nosso tempo, respeitando as leis da física consagrada, histórica, sem desconhecê-la, mas, no entanto, caminhando e mostrando as veredas que se deviam caminhar rumo a uma física do século XX.

Voltando à obra do filósofo Bachelard, fica clara a evidência de que o espírito científico contemporâneo não pode ser colocado em continuidade com o bom senso, pois este novo espírito científico formula teses que, inevitavelmente, se chocam com o senso comum. Por isso, o desenvolvimento que envolve progresso científico manifesta sempre rupturas entre conhecimento comum e conhecimento científico, desde que se aborde uma ciência evoluída e moderna. E neste

caminho, contra o senso comum, desde cedo se constrói muitas vezes a duras penas o conhecimento físico.

Para aprofundar sua posição descontinuísta, Bachelard utiliza as ideias dos defensores do continuísmo. Para iniciar essa análise, mostra que uma das objeções mais naturais dos continuístas é a de evocar a continuidade da história – relato contínuo dos acontecimentos que remetem à continuidade do tempo. Dessa maneira, as dialéticas presentes no processo dos acontecimentos são encobertas e as regiões das descontinuidades efetivas acabam sendo esquecidas. Além disso, os continuístas tendem a refletir sobre as origens dos progressos científicos que são lentas inicialmente. E quanto mais lentos os progressos científicos são, mais contínuos eles parecem.

Para gerar um caráter continuísta do progresso científico tende-se também a atribuir seu mérito à "massa dos pesquisadores anônimos" como se não houvesse ruptura no pensamento vigente. Ou seja, os progressos vão acontecendo aos poucos e as grandes descobertas já existem quando alguém as identifica.

Bachelard faz uma observação importante, em sua análise descontinuísta, sobre a linguagem. Para ele, a linguagem da ciência está em estado de revolução permanente. Por isso torna-se necessária uma constante transposição da linguagem que, inevitavelmente, rompe com a continuidade do pensamento comum. Como analisado anteriormente, algumas palavras utilizadas no senso comum representam conceitos que são totalmente diferentes e que tomam sentidos muito bem definidos na Física, como por exemplo força, trabalho e energia. Dessa maneira, para ser entendido em certos ambientes é preciso falar a linguagem científica, traduzindo os termos da linguagem comum em linguagem científica. Enfim, a nítida ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico mostra que esses dois conhecimentos não podem ter a mesma filosofia.

> O empirismo é a filosofia que convém ao conhecimento comum. O empirismo encontra aí sua raiz, suas provas, seu desenvolvimento. Ao contrário, o conhecimento científico é solidário com o racionalismo e, quer se queira ou não, o racionalismo está ligado à ciência, o racionalismo reclama fins científicos (Bachelard, 1963, p. 45).

Finalizamos esta seção ressaltando que Zanetic teve seu lado de progressista científico. Na Sociedade Brasileira de Física, a SBF, auxiliou na abertura de um espaço de reflexão para a discussão do tema do ensino de física em 1972, durante o primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física. Alguns anos depois, em 1979 fundou e foi o primeiro editor da Revista Brasileira de Física, abrindo espaço fundamental para a divulgação das pesquisas que já iniciavam a tomar corpo em solo brasileiro. Além de promover a disseminação dos trabalhos de pesquisa, a divulgação científica, a

experimentação, a história, a física moderna, a política, os clássicos e a pergunta ali estavam presentes (Candotti, 2009).

EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA

Bachelard procura, em toda sua obra, ressaltar o caráter inovador do espírito científico contemporâneo, especificamente a física contemporânea que segundo ele apresenta-se com uma incontestável novidade. Aqui será discutida uma pequena parte da extensa obra desse filósofo para aprofundar o conceito de ruptura na ciência.

Enfatizando o caráter descontinuísta, ele mostra que, no ponto de vista astronômico, a refundição do sistema einsteiniano é total. Segundo Bachelard, "a astronomia relativista não sai de modo nenhum da astronomia newtoniana" (Bachelard, 1996b, p. 35), o sistema de Newton era um sistema acabado e o pensamento newtoniano era fechado.

Para encontrar os resultados numéricos fornecidos pela astronomia newtoniana a partir dos cálculos astronômicos da Relatividade é preciso não só mutilar e abandonar etapas do processo como também perder as sutilezas relativistas. Assim, não há transição entre o sistema de Newton e o sistema de Einstein. Como traz em sua obra, "não se vai do primeiro para o segundo amontoando conhecimentos, tendo cuidados redobrados nas medidas, retificando ligeiramente princípios. É preciso, pelo contrário, um esforço de novidade total" (Bachelard, 1996b, p. 36).

Bachelard traz uma questão muito interessante sobre a Relatividade quando diz que ela nasceu de uma reflexão sobre os conceitos iniciais, ideias aparentemente evidentes e simples.

A partir dessa análise ele defende que a relatividade vem questionar a ideia de simultaneidade. A noção de tempo absoluto, ou a noção da medida única do tempo, isto é, da simultaneidade independente do sistema de referência deve sua aparência de simplicidade devido a um defeito de análise. A noção de espaço é também analisada a partir do princípio de que a experiência adere fortemente à definição do ser: "toda a definição é uma experiência; toda definição é um conceito funcional" (Bachelard, 1996b, p. 37). Dessa maneira, essas noções devem ser apreendidas numa composição experimental.

Além dessas novas noções de espaço e tempo, ele trabalha o conceito de massa. A noção de massa, no seu caráter imediato e evidente, surge da vaga intuição de quantidade de matéria. A massa newtoniana se opunha tanto mais à eficácia de uma força quanto mais matéria continha. Essa ideia simples parecia corresponder a uma natureza simples, a uma tradução imediata da realidade.

Surge a novidade da física moderna que gera ruptura e descontinuidade com a física clássica. Nas palavras de Bachelard: "a Relatividade traz a prova de que a massa de um móvel é função da sua velocidade. Mas essa função não é a mesma no caso da massa newtoniana" (Bachelard, 1996b, p. 38). Não se pode mais dizer que a matéria tem energia, mas sim que a matéria é energia e que reciprocamente a energia é matéria. O conceito massa muda de sentido.

> As relações teóricas entre as noções modificam a definição das noções tanto quanto uma modificação na definição das noções modifica as suas relações mútuas. (...) É no momento em que um conceito muda de sentido que ele tem mais sentido, é então que ele é, com toda verdade, um acontecimento da conceitualização (Bachelard, 1996b, p. 42).

Em resumo, numa visão geral das relações epistemológicas da ciência física contemporânea e da ciência newtoniana, não há desenvolvimento das antigas doutrinas em direção às novas, mas antes envolvimento dos pensamentos antigos pelos novos.

RELAÇÃO COM O ENSINO DE FÍSICA: superação dos obstáculos epistemológicos e a Física como Cultura

> Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (Bachelard, 1996).

Diante de todos os aspectos levantados até aqui, fica claro que a noção de obstáculo epistemológico, além de ser estudada no desenvolvimento histórico do pensamento científico, é relevante e necessária para a prática da educação. Esses obstáculos epistemológicos se manifestam em sala de aula através das concepções espontâneas. E como ensina Bachelard:

> os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (...) Toda cultura científica deve começar por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir (Bachelard, 1996a, p. 23).

Hoje, a disciplina física é vista, pela maioria dos estudantes, como uma matéria distante da realidade e/ou muito difícil para ser entendida. Os alunos procuram dessa maneira simplesmente

"compreender" as fórmulas empíricas. Acham que todas as fórmulas, inclusive as que decorrem de uma teoria bem organizada, são empíricas. Para eles a fórmula não passa de um conjunto de números que precisa ser aplicada a cada caso particular.

Entretanto, a Física está presente em toda parte e torna-se conhecimento indispensável na atual sociedade em que vivemos – cada vez mais tecnológica e científica. Mas como reverter essa falta de interesse pela Ciência? Por isso, o ensino de física – e a educação de maneira geral – precisa ter seu papel e objetivo repensados para que novas estratégias possam ser implementadas.

Assim, é preciso perceber também, como estratégia necessária, que a superação do obstáculo epistemológico no ensino permite criatividade e abstração. Esse deve ser o objetivo da educação: tornar os alunos autônomos com relação à capacidade de abstrair; mais do que ensinar, ensinar a criar; mais do que aprender, criar.

E para identificação e superação desses obstáculos epistemológicos é preciso que haja questionamento. Dessa maneira, outra grande contribuição da obra de Bachelard que ganha cada vez mais importância no cotidiano escolar é a necessidade de formular perguntas e problemas. Surge então um papel fundamental do professor em sua prática: motivar os alunos para que eles exponham e questionem suas próprias ideias para que essas concepções possam ser identificadas e posteriormente trabalhadas. Mortimer (op. cit.) aprofunda a ideia: "o processo de explicitação de ideias em sala de aula, mais do que possibilitar um aprendizado de conteúdos científicos, dá aos estudantes uma arma fundamental para enfrentar a ciência e a vida: a crítica" (Mortimer, 2000, p. 58).

Nesse contexto de uma educação que vise a superação de obstáculos também para a vida, pode-se entender que "os educadores precisam desenvolver práticas pedagógicas que não somente aumentem as possibilidades de consciência crítica, mas também de ação transformadora" (Giroux, 1999, p. 96).

Zanetic também deixa suas marcas para pensar o ensino de física que, segundo ele, se apresenta ainda esvaziado, descontextualizado, descompromissado com a compreensão conceitual. O autor enfatiza que Einstein já apontava uma crítica à educação:

> (...) como estudantes, éramos obrigados a acumular essas noções em nossas mentes para os exames. Esse tipo de coerção tinha (para mim) um efeito frustrante. (...) Na verdade, é quase um milagre que os métodos modernos de instrução não tenham exterminado completamente a sagrada sede de saber, pois essa planta frágil da curiosidade científica necessita, além de estímulo, especialmente de liberdade; sem

> ela, fenece e morre. É um grave erro supor que a satisfação de observar e pesquisar pode ser promovida por meio da coerção e da noção de dever. (EINSTEIN, 1982, p. 25/26 apud ZANETIC, 2005, p. 21).

Tal crítica se revela atual, uma vez que o ensino de física dominante ainda se restringe à memorização de fórmulas e solução direta de exercícios. Para Zanetic (op. cit.), para mudar esse quadro é preciso que o ensino de física, além de um número mínimo de aulas, privilegie a conceituação teórica, a experimentação, a história da física, a filosofia da ciência e sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura "para oferecer ao estudante, por meio desses ingredientes, um pouco do sabor do saber científico" (Zanetic, 2009, p.288).

> (...) é minha convicção de que a física deve participar da formação cultural do cidadão contemporâneo, independente das eventuais diferenças de interesses individuais e das variadas motivações acadêmicas e/ ou profissionais. Meu objetivo central é atingir aqueles alunos que, no formato tradicional do ensino, não se sentem motivados ao estudo da física (Zanetic, 2006, p.41).

Após completar 30 anos da publicação de sua tese com o tema Física e Cultura, Zanetic continuou sendo um incentivador da aproximação entre Ciência e Arte, especialmente entre a Física e a Literatura. Segundo o autor, há questões epistemológicas fundamentais que precisam ser pensadas. Um obstáculo epistemológico (Bachelard, 1996) transforma-se em obstáculo pedagógico "quando atentamos para a forma dominante de exposição dos conteúdos científicos nos textos didáticos" (Zanetic, 2006, p. 59). Zanetic revela então a necessidade de abordar o ensino de Física entendendo essa Ciência como parte da nossa Cultura:

> Cultura, quando pensada "academicamente" ou com finalidades educacionais, é quase sempre evocação de alguma obra literária, alguma grande sinfonia ou pintura famosa; cultura erudita enfim. Tal cultura traz à mente um quadro de Picasso, uma sinfonia de Beethoven, um livro de Dostoievsky, enquanto a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou um tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Gödel ou às equações de Maxwell. (Zanetic, 1989, p. 96).

É assim que Zanetic acredita que a Física é fundamental, quando bem trabalhada no ensino, para o desenvolvimento tanto do pensamento e discurso racionais quanto para o desenvolvimento do pensamento imaginário e sonhador.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. A Epistemologia, Lisboa: Edições 70, 2001.

BACHELARD, G. A Formação do Espírito Científico, 6ª ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996a.

BACHELARD, G. O Novo espírito científico, Lisboa: Edições 70, 1996b.

BACHELARD, G. Le Materialisme rationnel: conhecimento comum e conhecimento científico, pg. 27 – 45, 1963.

CANDOTTI, E. Prefácio IN: Martins, A. (org.) Física ainda é cultura? São Paulo: Livraria da Física, 2009.

GIROUX, H. A. Cruzando as fronteiras do discurso educacional: novas políticas em educação. Porto Alegre: Artmed, 1999.

LEMKE, J. L. Aprender a Hablar Ciência, 1ª ed. Barcelona: Paidós, 1997

MARTINS, A. (org.) Física ainda é cultura? São Paulo: Livraria da Física, 2009

MORTIMER, E. F. Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências, Belo Horizonte: UFMG, 2000.

ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. Pro-Posições, Campinas, SP, v. 17, n. 1, p. 39–57, 2006. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643654. Acesso em: 20 jun. 2024.

ZANETIC, J. Física e cultura. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 57, n. 3, p. 21-4, 2005.

ZANETIC, J. Física também é Cultura. (Tese de Doutorado) Faculdade de Educação da USP, 1989.

ZANETIC, J. Física ainda é cultura in: MARTINS, A. (org.) Física ainda é cultura? São Paulo: Livraria da Física, 2009, p. 288