

CONCEITO DE ESPAÇO NO ENSINO DE FÍSICA: CONSTRUINDO CATEGORIAS DE ANÁLISE A LUZ DA EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD

THE CONCEPT OF SPACE IN PHYSICS TEACHING: ESTABLISHING CATEGORIES FOR AN ANALYSIS IN THE LIGHT OF BACHELARD'S EPISTEMOLOGY

*Paulo Henrique de Souza*¹

Doutorando/Instituto de Física/Universidade de São Paulo/

hspaulo@usp.br

João Zanetic

Instituto de Física/Universidade de São Paulo/

zanetic@if.usp.br

Maria Eduarda Santos

Instituto de Educação/Universidade de Lisboa/

mariaeduardasantos983@gmail.com

Resumo

Partindo da noção de perfil epistemológico de Bachelard e agregando elementos da história e filosofia da ciência, apresentamos neste artigo a construção de categorias de análise para um diagnóstico das concepções de espaço dos alunos no ensino de física. Como um exemplo de aplicação, analisamos o perfil epistemológico do primeiro autor deste trabalho, em dois estágios de sua cultura, destacando as influências de condutas pessoais e culturais sobre a formação do perfil, além de apontar possíveis justificativas para sua evolução. Servindo-nos deste exemplo, procuramos também apresentar as implicações dessa temática para o ensino de ciências.

Palavras-chave: espaço, história da ciência, perfil epistemológico, Bachelard

Abstract

On the basis of Bachelard's notion of an epistemological profile and elements of the history and philosophy of science, this article introduces categories of analysis for the diagnosis of student's notions of space in physics teaching. In addition, as an example of use, we analyse the epistemological profile of the primary author, in two stages of his culture, and point out the influences of personal and cultural conduct on the formation of the profile, as well as possible justification for its evolution. On the basis of this example, we also aim to present the implications of this topic for science teaching.

Keywords: Space, history of science, epistemological profile, Bachelard

¹ Bolsa de estágio de doutoramento durante a elaboração do artigo. CAPES Processo nº 4997-10-7

Introdução

A presença da epistemologia de Bachelard no ensino de ciência tem possibilitado a identificação de diferentes formas de estabelecer relações entre o ensino e a aprendizagem. Apesar da expressividade teórica desta epistemologia, segundo Halmenschlager & Gehlen (2009), ainda são poucos os trabalhos que utilizam a noção de perfil epistemológico no processo de ensino e aprendizagem, como uma “ferramenta” indicativa e interpretativa de conceitos.

Vários trabalhos (PINTO & ZANETIC, 1999; MARTINS, 2004; TENÓRIO & BASTOS, 2007; SOUZA & ZANETIC, 2008; SOUZA, 2008; JUNIOR, 2010) utilizaram essa noção de perfil para identificar as concepções dos alunos, segundo as cinco escolas filosóficas propostas por Bachelard (realismo ingênuo, empirismo, racionalismo clássico, racionalismo completo e racionalismo discursivo). Além de construir instrumentos para coleta e análise de dados, refletem sobre as limitações deste referencial, sua pertinência, e indicam propostas para proporcionar a sua evolução. Quanto a fundamentos da mudança conceitual na ciência e suas limitações no ensino de ciência, a epistemologia de Bachelard mostrou-se pertinente e satisfatória (Santos, 1989).

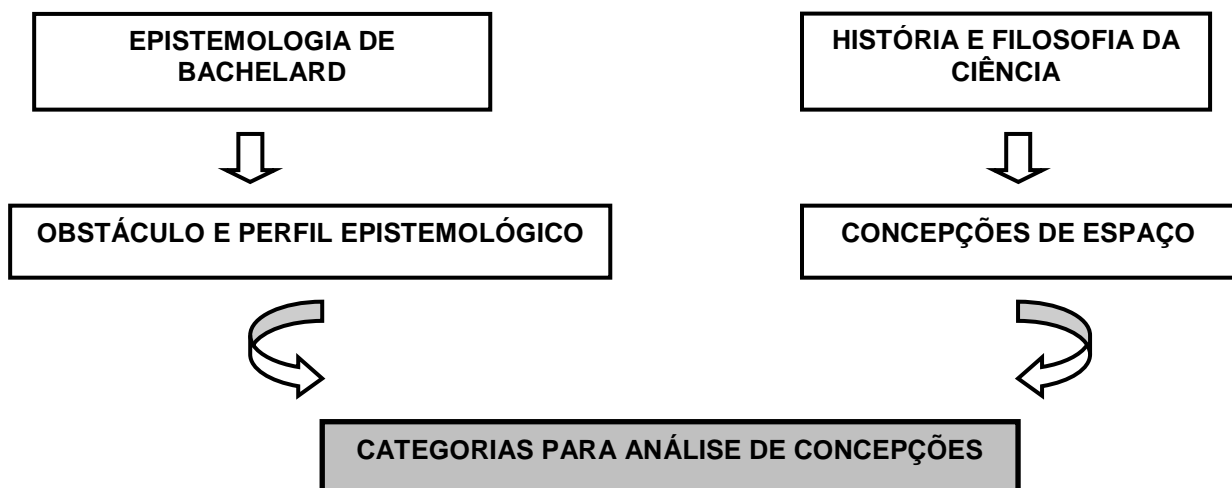
Considerando que há muito espaço para aprofundar o trabalho de ensino e aprendizagem, sob a luz da epistemologia de Bachelard, discutimos neste artigo a construção de categorias de análise do conceito de espaço, tendo como referência a noção de perfil epistemológico de Bachelard. Além disso, apresentamos o perfil epistemológico do primeiro autor em dois estágios diferentes da sua formação cultural, como exemplo de aplicação das categorias construídas e como um dado para análise da evolução epistemológica do perfil. Cabe ressaltar que este trabalho está inserido dentro da nossa pesquisa de doutoramento, ainda em construção, cujo objetivo é aprofundar as concepções de tempo e espaço no ensino de física, com referência na epistemologia de Bachelard, analisando as influências culturais.

Portanto, parte-se também do pressuposto que a construção de categorias de análise do conceito de espaço, que é congênere do conceito de tempo, contribua para a dialética de construção e análise destes dois conceitos de forma análoga à dinâmica utilizada por Bachelard com os conceitos de massa e energia na sua obra *A filosofia do não*.

Estrutura da sistemática de construção

A seguir, apresentamos o fluxo metodológico que possibilita uma visão geral da sistemática de construção das categorias de análise do conceito de espaço:

FLUXO DA SISTEMÁTICA DE CONSTRUÇÃO



Breves reflexões sobre a epistemologia de Bachelard

A epistemologia de Gaston Bachelard (1884-1962) alicerça-se na ideia de que a ciência se constrói, descontinuamente, através de rupturas. Considera que à medida que cada conceito é retificado, a ciência evolui na direção de uma maior racionalidade. Para entendermos filosoficamente a construção de cada conceito científico ao longo da história individual e coletiva, propõe como categorias-chave os conceitos de obstáculo epistemológico, ato epistemológico, perfil epistemológico e ruptura epistemológica ao longo de períodos históricos. Classifica o primeiro período como estado pré-científico, que corresponde à Antigüidade Clássica, passando por todo o Renascimento até o século XVIII. O segundo, estado científico, compreende o período que vai do século XVIII até o início do século XX. O terceiro, chamado de novo espírito científico, tem o seu começo no início do século XX, com os trabalhos sobre a relatividade e a física quântica, em que os conceitos primordiais da ciência foram muito modificados, iniciando-se assim a ciência contemporânea, com um espírito científico completamente diferente do anterior. A construção de um novo espírito científico provocou modificações em conceitos científicos fundamentais.

No desenvolvimento do espírito científico, Bachelard (1996) destaca três estados. O primeiro é o **estado concreto**, em que o espírito se relaciona com as primeiras imagens do fenômeno exaltando a natureza. O segundo estado é o **concreto abstrato**, algo ainda paradoxal, em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos continuando a apoiar-se numa filosofia da simplicidade. O terceiro estado é o **abstrato**, em que o espírito adota a informação distante da experiência sensorial. Esses estados do espírito científico, em princípio, parecem ser os precursores das ideias de caracterização do perfil epistemológico que será abordado adiante. Portanto, partindo da definição proposta por Bachelard, os problemas do conhecimento científico podem ser colocados em termos de obstáculos epistemológicos, ou seja:

“(…) é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativos funcionais, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos.”
(Bachelard 1996, pág.17)

Bachelard caracteriza diversos obstáculos epistemológicos. Destes, Santos (1989) destaca o obstáculo verbal, que consiste em desenvolver o pensamento a partir de um conceito traduzido por uma palavra como se faz nas metáforas. O obstáculo realista que traduz a importância atribuída ao real, ou seja, àquilo que é aparente, que é “dado” e pode ser visto. O obstáculo animista que se manifesta pela tendência em atribuir características vitais a objetos inanimados. O obstáculo do conhecimento quantitativo que, por um excesso de precisão nos dados, tende a reduzir o conhecimento ao quantitativo.

No âmbito da mesma filosofia, a noção de perfil epistemológico proposta por Bachelard aparece claramente na obra *A filosofia do não*. Ressaltamos que esse negativismo aparente indica um não, que é dito ao conceito anterior, pelo novo conceito. Porém esse não nunca é definitivo e, em limite, leva a um “acúmulo conceitual” em diferentes níveis de manifestação. Nesta filosofia, Bachelard analisa a história da ciência, com o olhar do novo espírito científico, em que, na sua evolução, a ciência caminha para uma maior coerência racional. Na sua proposta epistemológica, Bachelard destaca a necessidade de recorrer a diferentes escolas filosóficas - polifilosofia – para explicar a evolução e o convívio de um mesmo conceito num mesmo indivíduo (Bachelard, 1978)

Assim, analisando o seu conceito de massa, por exemplo, Bachelard relaciona-o com cada uma das chamadas cinco escolas filosóficas: realismo ingênuo ou animismo, empirismo claro

e positivista, racionalismo clássico da mecânica racional, racionalismo completo e racionalismo discursivo.

Encontramos vestígios da primeira escola - realismo ingênuo - na ideia mais elementar de massa, relacionada à percepção primeira dos sentidos. Essa conceituação inicial, ligada à impressão ou sensação básica do maior ser o mais “pesado”, pode ser a causa da primeira barreira chamada também de obstáculo. Esse conceito-obstáculo aparece de forma muito contraditória dependendo da referência. Ao pegarmos um corpo na mão, a ideia do mais pesado ser o maior pode sofrer o seu primeiro questionamento. No âmbito da segunda escola filosófica - o empirismo - o conceito de massa está relacionado a um instrumento de medida, ou seja, a balança. É importante ressaltar que, neste caso, o instrumento de medida precede a teoria. Surge então a “conduta da balança”². Esse pensamento empírico, sólido e positivo, ressalta a ideia do “Pesar é pensar. Pensar é pesar.” (Bachelard, 1978, pág. 15). A terceira escola filosófica - racionalismo clássico – orienta a mecânica racional que nasce com Newton. A massa aparece, então, como uma noção definida em um corpo de noções, ou seja, com Newton a massa é o quociente entre a força e a aceleração, algo muito diferente dos conceitos anteriores ligados à experiência direta ou a algum elemento primitivo. Agora, o conceito é obtido através de leis racionais. No sentido crescente do racionalismo, Bachelard argumenta que o conceito de massa da mecânica newtoniana leva a um distanciamento do realismo, pois podemos deduzir qualquer uma das grandezas: força, massa ou aceleração, tendo as outras duas. Porém, com Einstein e a relatividade as noções tidas como básicas são abaladas e surge uma grande abertura que, dentro da filosofia de Bachelard, recebe o nome de racionalismo completo. A massa, que fora definida anteriormente como absoluta, relativiza-se - passa a depender da velocidade e a possuir alguma semelhança com a energia. Portanto, uma noção simples dá lugar a uma noção mais complexa. Por fim, no âmbito da quinta escola filosófica, chamada de racionalismo discursivo, o conceito de massa distancia-se ainda mais da realidade. Rompendo com o pensamento racionalista, nos cálculos da mecânica quântica surge até o conceito matemático de massa negativa, fruto da interpretação equivocada de Bachelard sobre os trabalhos de Dirac a respeito do elétron que o levou à descoberta do pósitron.

A concepção de perfil permite comparar orientações cognitivas e psicológicas das cinco escolas filosóficas: realismo ingênuo — empirismo claro e positivista — racionalismo newtoniano ou kantiano — racionalismo completo — racionalismo dialético. Além disso, propõe a ideia de ruptura no desenvolvimento cognitivo pessoal e na história de um conceito específico. Como forma de concretização, Bachelard traça o seu próprio perfil epistemológico do conceito de massa. A coluna mais alta, a do racionalismo clássico, foi atribuída por Bachelard à sua formação matemática e a uma longa prática de ensino de física básica. Outra coluna de destaque é a do empirismo, que ele explica em termos de influência cultural: resquícios da época em que trabalhava em química e, em um período mais recuado, resquícios do seu trabalho de pesagem de cartas nos correios (Bachelard 1978, pág. 25/26)

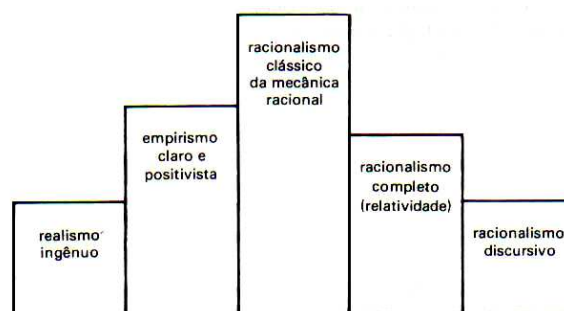


Fig. 1 – Perfil epistemológico da nossa noção pessoal de massa.

² Consiste em um instrumento de fácil utilização, apesar de ter uma complexidade na sua concepção.

Portanto, podemos concluir com Bachelard (1978) que o perfil epistemológico guarda as marcas dos obstáculos que uma cultura teve de superar. É fundamental para uma visão de conjunto do conceito acessarmos a cultura pessoal para entendermos o perfil epistemológico e identificarmos obstáculos de natureza epistemológica.

Perfil epistemológico e o conceito de espaço

Pensando em organizar um instrumento teórico de natureza epistemológica, que nos possibilite analisar e distinguir as diferentes concepções de espaço, utilizaremos a noção de perfil epistemológico de Bachelard em conjunto com concepções de espaço oriundas da física e da filosofia. Definiremos um quadro teórico de categorias, de forma análoga ao que Bachelard propôs para o seu conceito de massa, dentro das cinco escolas filosóficas que passamos a caracterizar:

Realismo ingênuo

A primeira escola filosófica é o realismo ingênuo, que tem por característica construir o conceito a partir da observação primeira, ou seja, que tem nos sentidos, nas intuições, nas percepções, a sua principal referência. É aquilo que é dado e está a vista (Bachelard, 1978).

A noção de *localização* é uma das primeiras intuições sobre o espaço. Algo vinculado a orientações concretas, definindo direções e sentidos, porém desprovida de medida. Historicamente está relacionada à noção de posicionamento dos povos primitivos, quando das observações astronômicas, a partir das posições dos astros. Esta noção contribuiu para a organização e rotina destes povos (Jammer, 2010). Outra concepção de espaço está relacionada à ideia do *vazio*, ou seja, quando falamos em ter espaço já subentendemos o vazio. Essa ideia tem antecedentes históricos na Grécia, pois o termo “vazio” [kenon] era empregado como sinônimo de espaço (Jammer, 2010, p. 35). A ideia de *lugar* é outra associação de natureza perceptiva. Quando olhamos um lugar, por exemplo, uma sala qualquer que esteja vazia, a noção de espaço aflora dentro dos limites da construção. Por outro lado, temos em Aristóteles³ o espaço definido como a fronteira adjacente do corpo que serve de continente (Jammer, 2010). Em sua obra *A experiência do espaço na física contemporânea*, Bachelard faz uma crítica ao realismo espacial.

“Parece claro que o princípio topológico do realismo espacial só coloca em uma simples e pobre relação: a relação de continente a conteúdo.” (Bachelard 2010a, p. 13)

As “certezas” das noções espaciais da observação primeira começam a ser colocadas em dúvida em função de ambientes que traem a percepção. Por exemplo, as cores claras provocam percepções equivocadas das dimensões ambientais, assim como os espelhos que são utilizados como um recurso para provocar a impressão de aumento de espaço.

Por fim, recentemente, a noção de espaço é cada vez mais influenciada pela tecnologia de imagens 3D. A tecnologia usada na linguagem das imagens nos jogos eletrônicos, no cinema e na televisão, nos insere em um ambiente virtual imaginário que nos dá a “real” noção de estarmos em um ambiente com três dimensões, apesar de a imagem ser projetada em uma tela “plana”.

³ É importante ressaltar que a ideia do espaço associado ao lugar tem em Aristóteles a definição da teoria de lugar natural.

Empirismo

Esta escola tem por característica a mensuração do conceito e a forma da sua medição. No caso do conceito de espaço, temos uma grande quantidade de instrumentos de medida. Para os caracterizarmos, vamos dividir os instrumentos de medida em três grupos: os que medem somente dimensões (G1), os que indicam a localização (G2) e os que medem dimensões e indicam a localização (G3).

No grupo G1 temos os esticadores de corda, o polegar, o palmo, o braço, o pé, a jarda, o cúbito, o passo, a corda do agrimensor e o gnomon.⁴ Temos também o teodolito (século XVII) que pode ser acoplado a uma bússola para melhorar sua precisão (Gonzalez & Mingorance, 1997). Após a definição do sistema métrico (século XVIII), temos a régua, a trena, o paquímetro e o micrômetro que são utilizados nas escolas, indústrias e universidades.

Os instrumentos de medida do grupo G2 são o quadrante, o astrolábio, as bússolas, os mapas e atualmente o sistema global de posicionamento (GPS). No grupo G3, temos os instrumentos que localizam e medem: o gnomon, o quadrante, o astrolábio e o GPS.

De forma análoga à “conduta da balança”, a utilização e influência dos instrumentos dos grupos G1, G2 e G3, é fácil e de rápidos resultados. Esse tipo de empirismo é chamado de imediato por Bachelard (2010b).

Por outro lado, é importante ressaltar que, no século XIX, o físico Fizeau (1819-1896) chamava a atenção para uma “nova” modalidade de instrumentos de medida que podiam ser construídos a partir do desenvolvimento da óptica (Bachelard, 2010b). Com a física quântica, já no século XX, surgiram novas formas de se “medir” utilizando as técnicas de interferometria. Porém, “um instrumento, na ciência moderna, é verdadeiramente um teorema reificado” (Bachelard, 2010b, p. 144). Estes instrumentos de medida se materializam a partir de uma teoria. A essa forma de racionalismo Bachelard chama de materialismo racional, algo distinto do instrumento utilizado para obtenção imediata (Santos, 1989).

Por fim, é válido salientar que apesar das régua, escalas e trenas, não temos um instrumento para medir espaço, análogo ao relógio de pulso para medir o tempo. Mas, com o desenvolvimento e popularização do GPS, disponível até em aparelhos celulares, temos um grande candidato a ocupar este lugar na vida das pessoas.

Racionalismo Clássico

No racionalismo clássico o conceito insere-se dentro de um pensamento científico, ou seja, afasta-se um pouco mais da experiência primeira tomando uma forma mais racional, abstrata e matemática. Contribuições históricas importantes para essa concepção foram dadas por Descartes (1596 – 1650) e principalmente por Galileu (1564 – 1642). Na lei de queda dos graves, os espaços percorridos por um corpo são proporcionais ao quadrado do tempo de percurso. Portanto, temos uma relação matemática para determinação do espaço.

O espaço é determinável matematicamente e a sua concepção absoluta surge com as considerações propostas por Isaac Newton (1642-1727) em seu livro “Principia”. Para Newton o espaço absoluto era uma necessidade lógica e ontológica, além de um princípio necessário da lei da inércia.

⁴ Da antiguidade até o século XVII. Ressaltamos que o gnomon está sendo considerado do grupo G1, pois era utilizado como referência para definição, através de trigonometria, de dimensões. Basta lembrarmos a determinação do comprimento da esfera terrestre por Eratóstenes. Porém, também era utilizado para localização a partir da observação da sua sombra definindo “horas” e época do ano

“O espaço absoluto, em sua própria natureza sem relação com qualquer coisa externa, mantém-se sempre semelhante e imóvel (...).” (Newton apud Jammer, 2010, p. 135)

Nesta sua clássica definição, Newton trata da concepção absoluta de espaço, que nas discussões científicas e filosóficas da época foi duramente atacado, sobretudo por Leibniz (1646-1716) e Huygens (1629-1695), que defendiam concepções relacionais. Kant (1724 – 1804) buscou conciliar a visão absoluta e relativa do espaço. Apesar das críticas, a visão absoluta do espaço teve uma alargada aceitação.

Por fim, já no final do século XIX, Ernst Mach, outro crítico da concepção absoluta de espaço e tempo, mostra ser desnecessária a ideia absoluta de espaço para explicar as forças centrífugas no movimento de rotação. Suas críticas abriram o caminho para uma série de trabalhos na mecânica e eletromagnetismo que, paulatinamente, foram desconstruindo a concepção absoluta e construindo uma concepção relativa.

Racionalismo Completo

Essa escola filosófica marca o início do chamado novo espírito científico, em que a ciência avança em direção ao racionalismo, porém rompendo com o tipo de racionalismo clássico. Bachelard (1996) indica o trabalho de Einstein como grande marco desta transição. Portanto, em um artigo histórico datado de 1905, Einstein, sintetizando os trabalhos de outros físicos, postula a chamada teoria da relatividade especial que trazia como princípio básico a validade das leis da física para qualquer referencial, de modo que, qualquer observador mediria a mesma velocidade da luz. Uma consequência disso é a crítica ao conceito clássico de simultaneidade, que está diretamente relacionado à noção de tempo. Esse conceito, pensando em um evento distante e outro próximo, depende de variáveis como a posição do evento e da forma de comunicação entre o evento e o observador, impossibilitando uma medida absoluta do tempo e do espaço para observadores em lugares diferentes. Assim, definindo novos invariantes como a velocidade da luz, Einstein modifica a forma como se entende a natureza do espaço e do tempo, isto é, a concepção absoluta cede lugar a uma concepção relativa. Essa teoria recebeu o nome de teoria da relatividade especial, pois trata de sistemas de referência em movimento uniforme e, portanto, não acelerados.

Dez anos depois, utilizando uma geometria formulada no século XIX pelo matemático alemão Bernard Riemann, Einstein desenvolveu a chamada teoria da relatividade geral que relaciona a aceleração da gravidade com o espaço-tempo curvo incorporando sistemas de referência acelerados. Com isso, Einstein desenvolveu uma nova teoria da gravitação. Sua ideia seria que o tempo passava a ser uma dimensão, junto com o espaço. A massa e a energia deformariam o espaço-tempo tornando-o curvo.

Racionalismo discursivo

Nessa filosofia encontra-se uma tendência ainda maior para o racionalismo, com grande abstração matemática, que Bachelard chama de “racionalismo aplicado”. Nesse contexto, que é o da física quântica, a medida do espaço é orientada pelo princípio da incerteza de Heisenberg, que afirma não ser possível determinar simultaneamente a localização e o momento de uma partícula, ou seja, existe uma incerteza espacial. Essa limitação estava relacionada diretamente à forma de medição das variáveis, sendo que o instrumento de medida interfere no resultado tornando-o probabilístico. Por exemplo, para localizar uma partícula em um experimento quântico, devemos iluminar esse corpo, fato que interfere na medição, pois ocorre um choque com os fótons e não apenas um contato. Portanto, temos uma situação estranha à nossa intuição da realidade, que tem na localização espacial uma de suas primícias (Bachelard, 2010a). A concepção de espaço na física quântica está relacionada a uma abstração construída.

As teorias físicas que se desenvolveram sucessivamente desde o nascimento da mecânica ondulatória sempre precisaram usar novos espaços. (Destouches apud Bachelard 2010a, p. 78)

Esses espaços construídos, chamados de abstratos, são fundamentais na física quântica.

“Voltemos pois à tarefa de classificação que entrevimos e tentemos mostrar o papel dos espaços abstratos na física contemporânea. Esse papel é primordial; já se pode prever, desde agora, que os espaços abstratos vão desempenhar em relação a física quântica o mesmo papel que o espaço riemanniano desempenhou em relação a Relatividade Geral.” (Bachelard, 2010a, p. 77)

Portanto, quando esse espaço abstrato encontra a experiência física, configura-se um espaço abstrato-concreto, chamado de espaço corpuscular (Destouches, apud Bachelard, 2010).

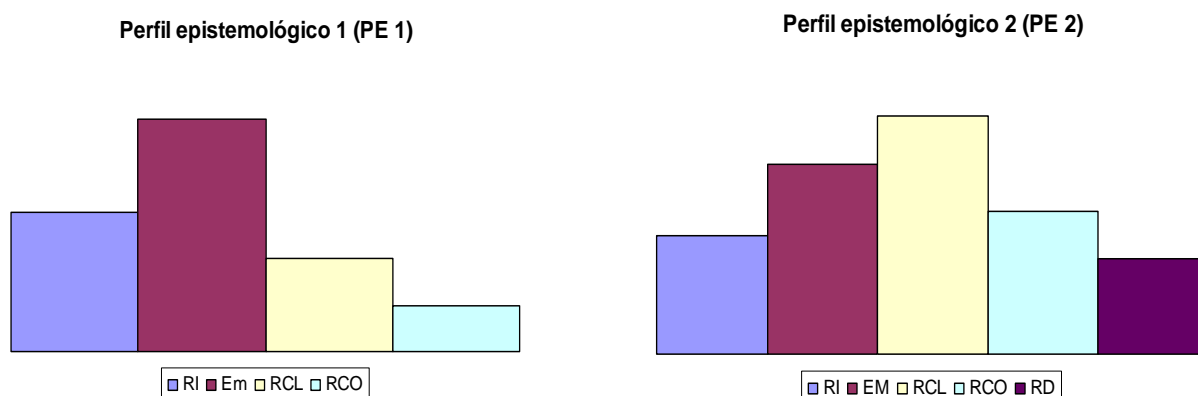
Estruturando as categorias de análise e exemplificando

A tabela abaixo relaciona os referenciais conceituais que compõem as categorias de análise para as concepções de espaço com as escolas filosóficas tratadas na epistemologia bachelardiana.

TABELA 1: CATEGORIAS PARA ANÁLISE

REFERENCIAL CONCEITUAL	ESCOLAS FILOSÓFICAS
Localização, Posição, Vazio, Lugar, Dimensão	Realismo ingênuo
Teodolito, GPS, Réguas, Escalas, Trenas, etc..	Empirismo
Matemático, Absoluto, Independente, Simétrico.	Racionalismo clássico
Matemático, Relativo, Variável, Dimensão com o tempo	Racionalismo completo
Matemático, Abstrato, Indeterminado, Construído	Racionalismo discursivo

Podemos imaginar a aplicação dessas categorias de análise através do perfil epistemológico do conceito de espaço do primeiro autor, em dois estágios diferentes da sua cultura. O perfil epistemológico 1 (PE 1) refere-se ao período da cultura anterior ao curso de física. O perfil epistemológico 2 (PE 2), por sua vez, ao período posterior. Os dois perfis abaixo ilustrados refletem as características de formação e de atuação do primeiro autor nos dois momentos de sua história, demarcados pela realização do curso de graduação em física. Nos dois perfis deve-se ler a legenda da seguinte forma: realismo ingênuo (RI), empirismo (EM), racionalismo clássico (RCL), racionalismo completo (RCO) e racionalismo discursivo (RD).



“Insistimos no fato de um perfil epistemológico dever sempre referir-se a um conceito designado, de ele apenas ser válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura. É essa dupla particularização que torna um perfil epistemológico interessante para uma psicologia do espírito científico.” (Bachelard, 1978, pág. 25)

O PE 1 tem um “peso” maior no empirismo devido à formação técnica em mecânica, época em que utilizava na oficina a escala, a trena, o paquímetro e o micrômetro, além das preocupações com escalas na confecção de desenhos e projetos mecânicos. Contribuem também para o maior peso do empirismo os 10 anos de trabalho como projetista de máquinas e de embalagens. Nesta atividade a preocupação com as medidas espaciais é intensa tanto para projetos de caixas mecânicas, que alocavam pequenos circuitos elétricos, como para projetos de embalagens para grandes equipamentos de telecomunicações. É importante ressaltar que não se apresenta o racionalismo discursivo, pois isso não fazia parte da nossa cultura na época. O PE 2 tem um “peso” maior no racionalismo clássico, devido a passagem pelo curso de física e atuação, por mais de 10 anos, como professor no ensino médio, em que o trabalho com mecânica clássica é intenso. Além disso, deixou de atuar na área de projetos. O racionalismo completo também cresce e o racionalismo discursivo surge neste estágio da cultura, em função do curso de física, mestrado e atuação como professor no ensino superior na disciplina de Fundamentos da Física, História da ciência e Ciências Naturais.

Implicações para o ensino de física

Pensando nas possíveis implicações dessa temática para o ensino de física, destacamos a importância desta “ferramenta” diagnóstica para a atuação didática do professor. O conhecimento do perfil epistemológico dos alunos, sua compreensão e interpretação, podem ser pontos iniciais para o direcionamento do planejamento pedagógico das suas ações, de forma a possibilitar a evolução do perfil no sentido da racionalidade científica (Santos, 1989). É importante ressaltar que a construção do perfil epistemológico, referente a um conceito, é individual e realizada pelo próprio indivíduo, com a colaboração de outros. A atividade de construção do perfil tem um caráter pessoal e metacognitivo. É importante ressaltar esse aspecto, pois a consciência do seu próprio conhecimento passa por um processo de maturidade relacionada à prática desse tipo de atividade. Possivelmente, muitas metodologias utilizadas em nossas escolas não preparam os alunos para esse tipo de atividade. Mas, se queremos um aluno pensante e consciente essa alternativa tem de ser considerada.

Outra possibilidade é a construção do perfil pelo professor. Dispondo de instrumentos de coleta de dados adequados as escolas filosóficas, como nos trabalhos de PINTO & ZANETIC 1999, MARTINS 2004, SOUZA & ZANETIC 2008, JUNIOR 2011, e condições de análise com os alunos, pode-se esboçar perfis úteis no processo de ensino. Ainda temos uma possibilidade de construção de perfis coletivos que é uma alternativa interessante para utilização do perfil epistemológico na esfera da realidade social do ensino (Souza & Zanetic, 2008).

Com relação ao conceito de espaço, especificamente, a sua ampla abordagem possibilita uma desmistificação da sua aparente concretude; o entendimento de um conceito que, juntamente com os conceitos de tempo, massa e energia, é um indicador da natureza da ciência no estágio da cultura em estudo. Cabem aqui observações de Hugh M. Lacey que constam da introdução de um livro seu publicado há quase quarenta anos:

“Espaço e tempo são conceitos fundamentais na Física. Mas, não há apenas um conceito de espaço e um de tempo; há muitos; eles mudam conforme os estágios da história; e, ainda, diferentes teorias contemporâneas podem comportar conceitos diversos.” (Lacey, 1972, p. 9)

Além disso, o conceito de espaço é interessante para o estabelecimento de relações entre as disciplinas das ciências e destas com a matemática e áreas aplicadas da engenharia (metrologia). Por fim, é possível construir projetos de ensino de natureza interdisciplinar com as áreas da geografia e história, relacionando o espaço com a cultura, além de identificar as suas implicações sociais.

Considerações finais

Neste artigo apresentamos uma breve reflexão sobre a epistemologia de Gaston Bachelard, em específico as noções de perfil e obstáculo epistemológicos, e a sua aplicação à construção de categorias de análise para concepções de espaço. Destacamos que a investigação do conceito de espaço é rica em muitos aspectos.

Primeiramente, a sua história possibilita uma reflexão sobre os fundamentos da ciência em diferentes momentos, algo que abre caminho para uma discussão sobre a natureza do conhecimento científico. Além disso, atravessa diferentes disciplinas tais como: biologia, física, geografia, história, matemática, filosofia, sociologia, entre outras.

Em segundo lugar, algo que não abordamos neste trabalho, é o aspeto sócio-cultural. A discussão sobre o conceito de espaço possibilita uma imersão em diferentes culturas, observando como valorizam e concebem o espaço. Portanto, em conjunto com o tempo, conceito que é congênere, o espaço é algo múltiplo, rico e profundo para implementação de aspectos epistemológicos, filosóficos e culturais no ensino de ciência.

Por fim, a utilização do perfil epistemológico, em especial a análise do nosso próprio perfil para o conceito de espaço, nos trouxe uma reflexão importante: só após o nosso contato com o curso de física se deu uma evolução significativa no sentido do racionalismo. Isso nos leva a concluir que as manifestações de regiões racionalistas no perfil só aparecem ou evoluem na medida em que os alunos entrem em contato refletido com uma cultura científica. Isso não significa que todos os alunos devam cursar física para adquirirem conhecimento científico, mas significa que o professor deve se empenhar em proporcionar aos alunos contatos reflexivos com a ciência e não apenas “mecanizados”. O acesso à leitura, o uso da história da ciência, as relações da ciência com outras áreas do saber, são possibilidades de pensar a cultura científica. Agrega-se a isto outros aspectos como a experimentação, reflexiva em todo o processo e não apenas um receituário a ser seguido; a busca de solução para problemas conceituais e não apenas de aplicação de fórmulas; além das reflexões sobre a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, evidenciando a influência da ciência na vida cotidiana. Possivelmente, este conjunto de ações abrirá um caminho para identificação de regiões racionalistas no perfil epistemológico e para uma progressão no sentido de polos majorantes da racionalidade.

Referências

- BACHELARD, G. *Le rationalisme appliqué* (5ª ed). Paris, PUF, 1975.
- BACHELARD, G. *Le materialisme rational* (4ª ed). Paris, PUF, 1980.
- BACHELARD, G. *A filosofia do não*. Tradução. J. J. M. Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1978. (Os pensadores)
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Tradução. E. S. Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 1996.
- BACHELARD, G. *A experiência do espaço na física contemporânea*. Tradução. E. S. Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 2010a.
- BACHELARD, G. *A Epistemologia*. Tradução. F. L. Godinho & M. C. Oliveira. Lisboa, Edições 70, 2010b.
- GONZALEZ & MIGORANCE. *Instrumentos de topografia: recordando su historia*. In: Revista Internacional de ciências de la tierra, 1997. Disponível em: [HTTP://mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=839](http://mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=839)

- HALMENSCHLAGER & GEHLEN. *Bachelard e a educação em ciências: uma revisão em periódicos brasileiros*. In: Atas do XVIII Simpósio nacional de ensino de física. Vitória, 2009
- JAMMER, M. *Conceitos de espaço: A história das teorias do espaço na física*. Tradução. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro, Contraponto Ed. PUC Rio, 2010
- JUNIOR, P.D.C. *A percepção da gravidade em um espaço fisicamente modificado: uma análise a luz de Gaston Bachelard*. 2010. 169f. Dissertação (Mestrado em ciências), IFUSP/FEUSP, São Paulo
- LACEY, H. *A linguagem do espaço e do tempo*. Tradução: M. B. Oliveira. São Paulo, Perspectiva, 1972
- MARTINS, A. F. P. *Concepções de estudantes a cerca do conceito de tempo: uma análise a luz da epistemologia de Gaston Bachelard*. 2004. 218 f. Tese (Doutorado em Educação)–/FEUSP, São Paulo.
- MARTINS, A. F. P. *Tempo Físico: a construção de um conceito*. Natal, Editora da UFRN, 2007
- PINTO & ZANETIC. *É possível levar a física quântica para o ensino médio*. In: Caderno catarinense de ensino de física v. 16: n. 1: p. 7-14, 2009
- SANTOS, M. E. V. M. *Para uma pedagogia da mudança conceptual: estudo de orientação epistemológica*. 382f. Tese (Mestrado em educação), Universidade de Lisboa, 1989.
- SILVA JUNIOR, A. G.; TENÓRIO A. C.; BASTOS H. *O perfil epistemológico do conceito de tempo a partir de sua representação social*. In: Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências, v. 9 n.2, p. 1-17, 2007
- SOUZA & ZANETIC. *O ensino do conceito de tempo: imaginação, imagens históricas e rupturas epistemológicas*. In. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 2005.
- SOUZA & ZANETIC. *Um diálogo entre a cultura e o perfil epistemológico no ensino de Física*. In. Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, 2008.
- SOUZA, P. H. *Tempo, ciência, história e educação: um diálogo entre a cultura e o perfil epistemológico*. 236 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - IFUSP/FEUSP, São Paulo, 2008.
- ZANETIC, J. *Física também é cultura*. 252 f. Tese (Doutorado em educação) - IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1989.