



Análise de concepções de tempo e espaço entre estudantes do ensino médio, segundo a epistemologia de Gaston Bachelard

Analysis of conceptions of time and space among high school students, according to the epistemology of Gaston Bachelard

Tacita Ansanello Ramos

Professora de Física – E.E. Prof. Coriolano Monteiro
Secretaria de Estado da Educação de São Paulo
tacita_ramos@yahoo.com.br

Anne L. Scarinci

Instituto de Física
Universidade de São Paulo
anne@if.usp.br

Resumo

Esta pesquisa teve como propósito central investigar quais são as concepções de tempo e espaço a partir de um trabalho desenvolvido com 16 alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Campinas e inferir a presença de algumas características de possíveis obstáculos epistemológicos existentes para a aprendizagem. Os resultados apresentados a partir da análise do material obtido após o trabalho com os alunos permitem inferir a presença de características de possíveis obstáculos epistemológicos existentes para a aprendizagem desses conceitos, bem como a presença de categorias usadas por Gaston Bachelard para analisar a evolução dos perfis epistemológicos, a partir das características mais marcantes no processo de conceitualização do tempo e do espaço. Nessa perspectiva, os dados da pesquisa empírica foram analisados tendo como referencial teórico a obra de Gaston Bachelard, baseando-se principalmente nas noções teóricas de obstáculo epistemológico e perfil epistemológico.

Palavras-chave: Concepção de tempo; concepção de espaço; obstáculo epistemológico; perfil epistemológico.

Abstract

The research to be presented in this paper has the main purpose of understanding what are the conceptions of time and space from a work developed with 16 students in first year of high school in a public school in the city of Campinas and infer the presence of some characteristics of possible epistemological obstacles existing to learning. The results presented from the analysis of the material obtained after work with students enable us to infer the characteristics of possible epistemological obstacles existing to learning these concepts, as well as the presence of categories used by Gaston Bachelard to analyze the evolution of epistemological profiles, from the most striking features in the process of conceptualization of time and space. The empirical data was analyzed based on the theoretic framework of Gaston Bachelard, especially utilizing the concepts of epistemological obstacle and epistemological profile.

Keywords: Conception of time; conception of space; epistemological obstacle; epistemological profile.

Introdução

A partir dos trabalhos pioneiros de Piaget e Vigotsky em epistemologia e psicologia, uma atenção grande tem sido dedicada a saber como o aprendiz pensa, antes e durante um processo de aprendizado: afinal, ele *pensa* – possui concepções sobre a maioria dos conceitos e explicações para os fenômenos, adquiridas através da experiência e da interpretação de situações de ensino. Embora o construtivismo epistemológico nem sempre se traduza eficientemente em ações pedagógicas (MORTIMER, 1996), ter ciência de tais concepções – e dos obstáculos à evolução dessas concepções, na direção dos objetivos de ensino – é um conhecimento pedagógico de fundamental importância.

A investigação dos conhecimentos prévios dos alunos já tem ao menos 3 décadas e, embora o auge já tenha passado (especialmente se tratada como subsídio para modelos de ensino por mudança conceitual), tal investigação, do ponto de vista do conhecimento docente, não está esgotada: há ainda muitos conceitos não explorados sobre os quais nos perguntamos como o aluno pensa a respeito. Assim, o tempo e o espaço, como conceitos, merecem ser explorados uma vez que possuem grande importância para o ensino de física, bem como em nosso meio sociocultural.

Na mecânica clássica, o tempo e o espaço são conceitos primordiais e que incorporam o “palco” onde acontecem os fenômenos físicos (LAWDEN, 1985). As pessoas intuitivamente já sabem o que é o espaço e o tempo, e o seu conhecimento primeiro não parece ser, em essência, contraditório com a concepção clássica dessas grandezas. Não obstante, é necessário um caminho a percorrer entre o uso cotidiano dos termos e sua compreensão no escopo da ciência clássica – como ilustra este trecho de Isaac Newton:

Devo observar que o uso comum concebe essas quantidades somente pelas relações que elas têm com objetos concretos. Por conseguinte, geram certos preconceitos, e para a remoção dos quais será

conveniente distinguir essas quantidades em absolutas e relativas, verdadeiras e aparentes, matemáticas e comuns.

I. O tempo absoluto, verdadeiro, e matemático, de si próprio e de sua própria natureza, flui igualmente sem consideração por nada externo, e por outro nome é chamado duração; o tempo relativo, aparente e comum é uma medida concreta e externa da duração por meio de movimento, que é comumente usado ao invés do tempo verdadeiro, como por exemplo, uma hora, um mês, um ano.

II. O espaço absoluto, por sua própria natureza, sem consideração por nada externo, permanece sempre igual e imóvel. O espaço relativo é qualquer dimensão móvel ou medida dos espaços absolutos, que nossos sentidos determinam pela sua posição relativa aos corpos, e que é vulgarmente tomado como o espaço imóvel; tal é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celestial, determinado pela sua posição em relação à Terra. (NEWTON apud HAWKING, 2005, p. 454)

É comum reconhecermos um amplo espectro de acepções relativas aos conceitos de tempo e espaço, como tempo biológico, histórico, global, ou espaço social, geográfico, cósmico (FAGUNDES *et al*, 2011). Dessa forma, podemos reconhecer que os conceitos de tempo e espaço apresentam não apenas uma definição, mas uma pluralidade que depende de cada área de produção do conhecimento. No ensino de Ciências, e de Física em particular, o entendimento desses conceitos, considerados alicerces das principais teorias físicas, é perpassado pelas outras concepções – especialmente porque o tempo e o espaço são, não apenas conhecidos, mas *sentidos*. Então, a relação dos sujeitos com essas entidades fundamentais da Física são, antes de tudo, carregadas de sua intuição e subjetividade.

O espaço e o tempo são concebidos pela ciência com entidades reais (embora não materiais), homogêneas (ou seja, suas propriedades não se alteram conforme a região ou a época), e isotrópicos (ou seja, não possuem direções privilegiadas). De suas propriedades, decorrem princípios físicos importantes, como a conservação da energia e do momento. (ROBILOTTA, 2001)

O que percebemos comumente no ensino de Física é um privilégio no tratamento matemático formal dos conceitos, o que sem dúvida é importante, mas que não poderia prescindir do aprendizado dos conceitos e modelos físicos, sob risco de tornar o aprendizado mecânico e pobre de significado.

Com os conceitos de espaço e de tempo também constatamos, principalmente nos livros didáticos utilizados em sala de aula, a ênfase no caráter matemático desses conceitos e em sua utilização para a discussão de outros, como velocidade ou entropia, porém sem que haja uma abordagem conceitual consistente dos mesmos.

Nessa perspectiva, podemos lembrar que os Parâmetros Curriculares Nacionais indicam a necessidade de diferentes abordagens para esses conceitos. No que diz respeito especificamente ao conceito de tempo:

A competência para reconhecer o significado do conceito de tempo como parâmetro físico, por exemplo, deve ser acompanhada da capacidade de articular esse conceito com os tempos envolvidos nos processos biológicos ou químicos, e mesmo sua contraposição com os

tempos psicológicos, além da importância do tempo no mundo da produção e dos serviços [...] (BRASIL, 1999, p. 232)

O aluno, quando inicia seus estudos de Física, traz consigo certos conceitos formados a respeito do mundo e da ciência. Esses hábitos intelectuais interferem no processo de construção do novo conhecimento, caracterizando-se, portanto, segundo Bachelard (1996), como *obstáculos epistemológicos*. Quais seriam os possíveis obstáculos epistemológicos na construção dos conceitos de espaço e tempo?

Pesquisas já foram realizadas sobre o conceito de espaço enquanto referencial geográfico-astronômico (NUSSBAUM; NOVICK, 1979, NARDI; CARVALHO, 1996). Para compreender a organização dos astros no cosmos e a posição do planeta no universo, o conceito de espaço deve ser composto com a gravitação – de forma que o perfil epistemológico inferido de tais pesquisas relaciona-se fortemente ao conceito de referencial.

Concepções de espaço também já foram investigadas dentro do âmbito da relatividade restrita (AYALA FILHO, 2010) – especialmente no intuito de localizar obstáculos à modificação do perfil conceitual do conceito de referencial, durante o aprendizado desta teoria da física moderna. O autor utiliza o referencial de análise de Mortimer (2000), visto que buscava características tanto epistemológicas quanto ontológicas do conceito. A pesquisa relata que os obstáculos principais são a não construção de uma região surracionalista no perfil de referencial (para a qual o espaço já não é visto como absoluto), e a tentativa do estudante em ancorar os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita a outras regiões do perfil.

Exceto por esta, investigações empíricas sobre o espaço como entidade física abstrata não foram localizadas.

As concepções dos aprendizes sobre o tempo foram pesquisadas por Martins e Pacca (2005). A metodologia de pesquisa empregada foi de entrevistas individuais com estudantes de várias séries do Ensino Fundamental, com perguntas indiretas que requereriam o uso do conceito de tempo em várias situações, a partir do qual os investigadores inferiram o perfil epistemológico do conceito. A análise também privilegiou o referencial de Bachelard.

A pesquisa atribuiu aos alunos da amostra estudada um perfil epistemológico para o conceito de tempo, de acordo com a manifestação de elementos de diversas zonas da hierarquia bachelardiana. Além disso, os resultados indicaram que o movimento da conceitualização de tempo principia heterogêneo e egocêntrico, e torna-se cada vez mais homogêneo e comum, quando interpretado em termos de um progresso epistemológico. Essa evolução, segundo os autores, tem paralelos com o desenvolvimento histórico-filosófico das concepções acerca do tempo (*op.cit*, 2005).

Assim como Martins e Pacca, utilizaremos como referencial de análise dos nossos dados empíricos a noção de perfil e de obstáculo epistemológico de Bachelard.

As noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico segundo Gaston Bachelard

Gaston Bachelard (1884-1962) viveu em um período de grandes mudanças na racionalidade humana e de grandes revoluções na ciência, marcadas pela teoria da

relatividade e pela mecânica quântica. Segundo esse epistemólogo francês, para se aprender é preciso haver uma mudança de cultura e de racionalidade, que é inerente ao aprendizado científico. Por que *mudança*? Os sujeitos possuem ideias prévias e naturalizadas que, muitas vezes, funcionam como obstáculos epistemológicos que precisam ser enfrentados e superados, através de rupturas, para que haja o avanço do conhecimento e o progresso do espírito científico.

Para que esses obstáculos sejam superados é necessário reconhecê-los objetivamente, pois esse é o ponto de partida do professor. É através da modificação das concepções primeiras que acontece a formação do espírito científico. Segundo Bachelard (1996),

[...] 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. (BACHELARD, 1996, p. 23)

De acordo com esse pensamento, quando os novos conceitos apenas se justapõem aos conceitos e erros já existentes e o aluno torna o conhecimento familiar revestindo-o de imagens que já estavam presentes em seu cotidiano, há uma falsa impressão de aprendizagem.

O conceito de obstáculo epistemológico é desenvolvido por Bachelard ao analisar o progresso do conhecimento científico (tanto individual quanto social-histórico). Partindo de uma epistemologia racionalista, histórica e dialética, Bachelard coloca a evolução do conhecimento e a construção dos conceitos científicos em termos da superação de obstáculos, que são de natureza epistemológica. Tais obstáculos resultam da própria atividade cognitiva, ou seja, da relação dos indivíduos com o objeto de conhecimento, e são obstáculos na medida em que dificultam a abstração e a objetivação dos conceitos.

A superação dos obstáculos epistemológicos guia o pensamento na direção de uma crescente coerência racional. Dessa forma, Bachelard caracteriza hierarquicamente zonas de um perfil, que apresenta as diferentes faces de um mesmo conceito, conforme vinculadas às doutrinas filosóficas do realismo ingênuo, empirismo, racionalismo tradicional e surracionalismo. A passagem de uma região para outra do perfil significa a superação de obstáculos, que podem ser, por exemplo, a observação primeira, o conhecimento geral, o verbal, o substancialismo e o animismo.

A **observação primeira**, também denominada de experiência primeira, está relacionada ao fato das pessoas tentarem compreender o real a partir de um fato dado e imediato, sem procurarem racionalizar tal fato. Isso se deve a uma falta de reflexão teórica resultada por um deslumbramento dos indivíduos pelo objeto observado.

Dessa forma, na observação primeira predomina um espírito pré-científico, que interpreta um determinado fato ou fenômeno a partir de concepções baseadas no senso comum e nas suas sensibilidades. A primeira impressão basta para considerar o fato, sem que haja um mínimo de interpretação.

O segundo obstáculo epistemológico, que é o **conhecimento geral**, é aquele que busca explicar todos os fenômenos a partir de uma lei ou conceito geral. No entanto, quando

buscamos entender determinado fato por generalizações, essas, ao invés de ajudarem, acabam por imobilizar o pensamento e o desenvolvimento científico.

As leis gerais, segundo Bachelard (1996), bloqueiam as ideias e respondem de modo global a algo, sem que haja uma pergunta. Com o pensamento generalizante, a experiência perde o estímulo.

Segundo Bachelard (1972a), a linguagem científica se encontra em estado de revolução permanente. Portanto, o uso desatento e o descaso para com os novos sentidos dos termos constituem-se como obstáculos nos limites de uma nova teoria científica. Sendo assim, outro obstáculo é o **verbal**, quando uma única palavra ou imagem é usada para construir toda a explicação. Quando o indivíduo carrega essas imagens e faz articulações entre palavras e imagens com suas funções, ele passa a conhecer metáforas da realidade e não a realidade propriamente dita: “Para ser coerente, uma teoria da abstração necessita afastar-se bastante das imagens primitivas” (BACHELARD, 1996, p. 88).

O obstáculo epistemológico denominado por **substancialismo** está relacionado com a possibilidade de atribuições de qualidades diversas e até mesmo opostas a uma determinada substância ou faz corresponder a toda qualidade uma substância. O substancialista atribui à substância qualidades diversas, sejam elas superficiais ou profundas, manifestas ou ocultas. Segundo Bachelard (1996), o gosto, assim como o cheiro, pode dar ao substancialismo garantias primeiras que se revelam posteriormente como obstáculos.

Há também o **obstáculo animista**, que resulta da aplicação da intuição da vida aos mais variados fenômenos e objetos, os quais são explicados através de analogias com comportamentos humanos. Esse obstáculo caracteriza-se por privilegiar o corpo humano e os fenômenos vitais, outorgando-lhes um valor superior na hierarquia fenomenológica, fazendo a vida transcender ao domínio que lhe é próprio.

Se o progresso do conhecimento depende da superação de obstáculos epistemológicos, a evolução filosófica do conhecimento é compreendida por Bachelard como um processo que atravessa **fases**, que vão desde o realismo ingênuo, passando pelo empirismo, pelo racionalismo tradicional e, finalmente, ao surracionalismo, que engloba o que Bachelard chama de racionalismo complexo e de racionalismo dialético.

O **realismo ingênuo** leva em consideração as opiniões primeiras, o senso comum e muitas das concepções alternativas que as pessoas desenvolvem, independente de suas formações escolares, e o fato de que o real existe *a priori* e não é uma construção humana.

Para que haja uma verdadeira ruptura entre o conhecimento pré-científico e o conhecimento científico, é preciso entender que o conhecimento pré-científico está cheio de pragmatismos e de realismos imediatos que determinam falsos pontos de partida e direções errôneas.

O **empirismo** baseia-se nas aproximações empíricas sobre os objetos com experiências que são feitas no vazio teórico, por métodos baseados nos sentidos e na experiência comum. O investigador cai no perigo de se deixar levar pelo que lhe é visível, dando a este um ilusório estatuto de verdade.

A superação do empirismo, para Bachelard, dá-se pelo pensamento **racionalista tradicional**. Nessa nova postura epistemológica, a aproximação do objeto não ocorre mais através de métodos baseados nos sentidos, pelo senso comum ou por aproximações empiristas sobre os objetos, mas por meio da teoria, por um método que não é mais direto, imediato, mas indireto e mediado pela razão.

O que Bachelard denomina por **surracionalismo** está relacionado com um alargamento filosófico proporcionado pela ciência em desenvolvimento no início do século XX, quando acontecem movimentos e descobertas pela ciência que diferencia esse momento de outros passados. O real passa a ser um caso particular do possível e torna-se factível falar de uma mecânica não-newtoniana, de uma lógica não-aristotélica, de uma química não-lavoisiana, ou em geometrias não-euclidiana.

É com base em cada uma dessas fases da evolução filosófica do conhecimento, também chamadas de doutrinas filosóficas, que se funda a noção de perfil epistemológico. Segundo Bachelard (1978), a evolução filosófica de um conhecimento científico particular é um movimento que atravessa todas estas doutrinas na ordem indicada. Podemos, portanto, “relacionar as duas noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico porque um perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar” (*op. cit.*, p. 30).

A evolução do perfil epistemológico, tanto para o indivíduo como na história do conhecimento, dá-se na direção a uma maior objetivação e abstração do conceito. O progresso de uma filosofia da ciência se faz no sentido de um *racionalismo crescente*, eliminando os resquícios de um *realismo inicial*. No entanto, como nem todos os conceitos científicos tiveram a mesma evolução filosófica, nem todos eles possuem as mesmas doutrinas filosóficas e o mesmo estágio de evolução ou fases. Dessa forma, a filosofia do espírito científico não é uma filosofia homogênea.

A superação de um conhecimento anterior não implica no abandono do que foi superado, por isso não é feita uma caracterização segundo o vínculo com (apenas) uma das doutrinas filosóficas, mas em termos da *presença* e da *intensidade* de elementos pertencentes a cada uma das zonas – por isso, a noção de um **perfil**. O perfil pode representar um indivíduo, ou também uma sociedade/época histórica, para determinado conceito: é possível atribuir a um conhecimento específico uma parcela de cada uma dessas doutrinas filosóficas, caracterizando, por conseguinte um perfil epistemológico.

O obstáculo epistemológico, em suma, pode ser visto como uma *ideia* – uma concepção – que o sujeito possui e que guarda um estreito vínculo com determinada estrutura conceitual complexa (portanto, o processo de superação não é simples). Do ponto de vista do aprendizado escolar, uma concepção, sobre um conceito da ciência, que está em uma zona realista ou empirista é uma *concepção alternativa* – visto que as aulas de ciências querem ensinar os conceitos científicos, que estão hoje, minimamente, dentro da zona racional do perfil:

Entre o conhecimento comum e o conhecimento científico a ruptura nos parece tão nítida que estes dois tipos de conhecimento não poderiam ter a mesma filosofia. O empirismo é a filosofia que convém ao conhecimento comum. (...) 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. Pela atividade científica, o racionalismo conhece uma atividade dialética que prescreve uma extensão constante dos métodos. (BACHELARD, 1972b, p. 45)

A relação entre obstáculo epistemológico e a concepção alternativa é, portanto, bastante estreita, com a ressalva de que, historicamente, os obstáculos epistemológicos puderam ser, em diversos momentos, bastante conscientes aos seus defensores, enquanto que uma concepção alternativa é, ao menos a princípio, subconsciente e não formalizada. Então, os obstáculos que identificamos nos estudantes não se vinculam autonomamente a uma doutrina filosófica, mas podem ser atribuídas a ideias coerentes com determinada doutrina.

Objetivos

O intuito deste trabalho será de identificar possíveis obstáculos epistemológicos existentes para a aprendizagem dos conceitos de tempo e espaço por estudantes da 1ª série do Ensino Médio, bem como inferir elementos, dentro das categorias usadas por Gaston Bachelard, relacionadas à evolução de perfis epistemológicos, a partir das características mais marcantes no processo de conceitualização.

Para isso, procuraremos analisar manifestações de alunos enquanto procuram conceituar espaço e tempo, sob a perspectiva de Bachelard, focalizando os obstáculos epistemológicos encontrados nas suas respostas. O conjunto das respostas do grupo de alunos deverá nos permitir caracterizar perfis epistemológicos para os conceitos de tempo e espaço.

Metodologia e produção de dados

A pesquisa foi realizada com 16 dos 32 alunos de uma classe do 1ª série do Ensino Médio regular de uma Escola Estadual em Campinas-SP. A metodologia utilizada nessa pesquisa tem uma abordagem qualitativa (LÜDKE; ANDRÉ, 1986), pois não há pretensão de quantificar os dados obtidos, mas analisá-los de maneira que torne possível a compreensão dos obstáculos e do perfil epistemológico presentes nas manifestações dos alunos.

Para a tomada de dados, escolhemos uma estratégia de alternância entre manifestação individual e dinâmica de grupos, com a professora ocupando o papel de pesquisador participante – pois ela interagiria com os grupos durante a discussão sobre os conceitos (para manter a ambientação afetiva favorável à livre expressão das concepções, optamos por não introduzir um pesquisador desconhecido dos alunos). Essa estratégia foi escolhida para proporcionar a emergência espontânea da concepção predominante sobre o tempo e o espaço, e de uma posterior negociação da concepção com o grupo. A presença da professora como elemento assimétrico, nas discussões, e também a dinâmica de grupos, foram pensadas especialmente (mas não unicamente) no intuito de incentivar a expressão de possíveis elementos racionalistas do perfil epistemológico de cada conceito (visto que nossas expectativas eram de que o uso empirista seria inicialmente mais frequente). Dessa forma, o plano para a produção de dados foi feito em três momentos.

Num primeiro momento, com o objetivo de produzir uma reflexão primeira a partir do conceito, os alunos deveriam responder, individualmente e por escrito, as perguntas: *O que é tempo? Como você descreveria o tempo?* A questão complexa pretendia propiciar elementos para uma discussão proveitosa no segundo momento, em que foram formados 3 subgrupos e pedido aos alunos para compartilhar e comparar as respostas individuais.

O segundo momento foi o da discussão em grupos. Para aprofundar a discussão, a professora participou das discussões, colocando, quando oportuno, questões auxiliares (previamente planejadas), como: *Quando você usa o conceito de tempo? Pense numa situação em que é necessário usar o conceito de tempo. Como o tempo poderia ser descrito nesse caso? Fale uma frase em que você usa o conceito de tempo. Como você entende o conceito de tempo nesse caso? No âmbito da ciência ou da Física, o que é concebido como tempo?* A discussão foi gravada em áudio.

Num terceiro momento, foi entregue uma folha igual à primeira para cada um dos alunos, com as mesmas perguntas iniciais, para que eles pudessem novamente pensar sobre as questões e reescrever suas respostas. Pretendeu-se que, após uma interação nos grupos, as expressões pudessem tornar-se mais explícitas para a nossa classificação, isto é, demonstrassem com mais clareza as concepções dos sujeitos.

A mesma dinâmica foi utilizada para produção de dados sobre as concepções de espaço.

Analisamos os dados classificando-os de acordo com os perfis epistemológicos de Bachelard (realismo ingênuo, empirismo, racionalismo) e identificando nas frases indícios de pensamentos que possam constituir-se como obstáculos epistemológicos para o aprendizado do conceito de tempo utilizado na ciência. Salientamos que não procuramos classificar os sujeitos do trabalho, mas sim elaborar um perfil para as ideias trazidas, ou seja, o perfil seria elaborado considerando-se o grupo e o conceito em foco, e não os indivíduos.

Concepções de Tempo

No 1º momento da aplicação das questões a serem respondidas de maneira escrita, as respostas podem ser agrupadas em 3 significados para o vocábulo tempo:

i) o tempo relacionado com o clima, com fenômenos climáticos:

“Pode também ser o clima do tempo, o “céu”, se está nublado ou está sol.”

“Tempo é o clima. Às vezes está limpo e sem nuvens. Outras vezes está nublado e chovendo, ou está quente, ou frio.”

ii) o tempo como algo necessário para realizar uma atividade, como algo que demora para passar, que nos traz felicidades ou tristezas, relacionado com o nosso dia-a-dia:

“O tempo é o nosso dia-a-dia.”

“Tempo é uma maneira que tem para nós fazermos as coisas do nosso dia-a-dia. Eu descreveria o tempo, como por exemplo, uma maneira de trabalhar, num namoro que a gente pede um tempo, etc... É assim que eu descreveria o tempo.”

iii) o tempo relacionado com o relógio, medido através dos dias, horas, minutos e segundos:

“Tempo é uma quantidade de segundos, minutos, meses ou até mesmo o ano que se passa ou até mesmo que demora para passar. Eu descreveria o tempo como um relógio.”

“Depende do tempo. Tempo é igual hora, minuto, segundo. Muitas vezes é descrito como hora, para dizer que horas são... (...) Também o tempo pode ser descrito como dias, semanas e meses.”

A concepção de tempo é polissêmica, podendo relacionar-se com a passagem das horas, mas também com o tempo meteorológico. Essas duas acepções não foram conscientemente diferenciadas e a concepção cíclica do tempo (as estações que se repetem, por exemplo) – fortemente relacionada a fenômenos climáticos, e que proporcionaria alguma relação entre as duas acepções, também não foi mencionada. Dessa forma, não usamos essa acepção para a construção do perfil epistemológico, pois consideramo-la não pertencente ao conceito restrito que desejamos estudar (ou seja, o tempo físico).

De fato, na segunda parte da dinâmica (a discussão nos grupos), os alunos se centraram mais na concepção de tempo relacionada a uma sequência de acontecimentos. Dessa forma, as manifestações foram classificadas como:

a) *Realismo ingênuo*: As respostas dessa categoria trazem uma grande subjetividade e marcas de egocentrismo, definindo o tempo como heterogêneo e podendo ser caracterizado pela ideia de passagem desigual das horas, dependendo de indivíduo para indivíduo ou da atividade que está sendo realizada. Por exemplo:

Gabriela¹: Quanto mais tempo, mais beleza!

Professora: Por quê?

Gabriela: Porque quanto mais tempo você tem, mais você pode se arrumar.

Amanda: Nas horas vagas, para fazermos alguma coisa.

Rafaela: Quando a gente vai fazer alguma coisa. A gente tem um tempo quando vai fazer alguma coisa.

b) *Empirismo*: As respostas que relacionam o tempo com o relógio e unidades de medida do tempo, como os dias, horas, minutos e segundos, parecem reduzir o tempo aos procedimentos de sua medição. Essa é uma característica de um pensamento empirista.

Além disso, é característica do empirismo a construção de um tempo homogêneo, linear, único e comum para todos, como podemos também perceber nas frases:

“Tempo são as horas do dia e os dias da semana.”

“Tempo do relógio.”

c) *Racionalismo tradicional*: Relaciona o tempo com a velocidade e a distância entre dois pontos, busca pela inserção do tempo num corpo de conhecimentos, ganhando

¹ Nomes fictícios.

significação no interior de uma teoria, passando a ser considerado um parâmetro matemático abstrato.

Manifestações desse caráter ocorreram apenas esporadicamente durante o segundo e terceiro momentos (discussão nos grupos e reelaboração da resposta escrita):

“O tempo calcula a distância de uma cidade para outra e em quanto tempo você demora para chegar nessa cidade.”

“Na física, tempo significa calcular a distância de um elemento quando ele sai de seu ponto de partida até o seu ponto de chegada.”

“Eu descreveria o tempo quando calcula-se o tempo que um carro demora para ir de uma cidade para outra.”

“A velocidade necessita do tempo.”

Porém, observamos uma confusão na relação entre distância e tempo, e uma dificuldade na caracterização desse “outro” tempo – o tempo “da física” parecia não estar confortavelmente conectado com o tempo do cotidiano, mantendo um uso dessa concepção a situações restritas e mais diretamente vinculadas ao conteúdo de cinemática.

Professora: E na física, como é que a gente utiliza o conceito de tempo?

Tereza: Fazendo conta.

Professora: Fazendo conta... Mas como é concebido o tempo?

Naiara: Tempo de relógio.

Renato: É o tempo da física, professora.

Tereza: É o de mais e de menos. De continua!

Percebe-se que o tempo “da física” não parece ser um tempo tão *natural* para os alunos, visto que eles só o mencionaram após solicitação explícita da professora. A relação desse tempo com aquele outro, do qual os sujeitos falavam antes, não parece clara. Por outro lado, a ideia de medição é repetidamente expressa.

Em suma, de modo geral, não há fortes características de um pensamento racionalista tradicional no que concerne à concepção de tempo desse grupo de alunos. Pode-se dizer que os perfis epistemológicos investigados têm, de forma mais marcante, características do realismo ingênuo e do empirismo.

Quanto aos possíveis obstáculos epistemológicos relacionados ao desenvolvimento do conceito de tempo, identificamos nas manifestações a observação primeira, a generalização, o obstáculo verbal e o obstáculo animista.

Quando concebem o tempo como algo que passa, como algo necessário para fazermos nossas atividades, os alunos utilizam suas *experiências primeiras*, suas concepções baseadas no senso comum e nas suas sensibilidades, sem que haja um aprofundamento teórico e uma reflexão maior a respeito desse conceito. Muitas das respostas caracterizadas pelo empirismo se conectam com esse obstáculo, por exemplo:

“Tempo são as horas de um relógio. Eu descreveria o tempo como o modo de saber a hora em que você tem um compromisso, trabalho, ou fazer alguma coisa na hora.”

Identificamos também respostas que indicam *generalizações*, utilizando palavras que supostamente seriam capazes de explicar tudo, porém que acabam por imobilizar o pensamento. A própria palavra tempo, em algumas das manifestações, parece ser autoexplicativa, de modo que a sua caracterização não parece necessária.

“O tempo é o tempo.”

“O tempo é o nosso dia-a-dia.”

Na mesma direção, essas palavras podem estar relacionadas ao *obstáculo verbal*, uma vez que tais palavras parecem construir toda a explicação para o conceito utilizado.

As declarações que trazem o tempo como algo inerente à vida podem ser relacionadas com o obstáculo *animista*, que resulta da aplicação da intuição da vida aos mais variados fenômenos e objetos. Esse obstáculo é muito presente nos espíritos pré-científicos, que associam a vida aos mais diversos fenômenos, por exemplo:

“O tempo se acaba, se começa. O tempo é tudo para nós. Nós que fazemos o tempo.”

“O tempo é o tempo. Cada coisa tem o seu.”

“Quando a gente vai fazer alguma coisa. A gente tem um tempo quando vai fazer alguma coisa.”

Muitas das manifestações caracterizadas dentro do perfil realista ingênuo puderam ser conectadas com esse obstáculo.

Concepções de Espaço

No 1º momento da aplicação das questões a serem respondidas de maneira escrita, as respostas podem ser agrupadas em 4 significados para o vocábulo espaço:

i) o espaço relacionado ao céu ou ao vazio:

“Espaço é um lugar onde ficam as constelações. Eu descreveria o espaço como um lugar onde tem planetas, constelações e onde ficam os satélites.”

“Existe o espaço sem fim definido, onde ficam os planetas.”

ii) o espaço que ocupamos ou que necessitamos para fazer algo e onde podemos construir ou guardar nossas coisas, como o espaço para construir uma casa, o espaço de um armário:

“É um lugar onde você constrói alguma coisa.”

“Espaço é algo que ocupamos.”

iii) o espaço enquanto tamanho e/ou área:

“Espaço é o tamanho, a área de determinado lugar.”

“Espaço é a resposta de um cálculo total de uma área.”

iv) o espaço enquanto distância entre dois pontos:

“Espaço é de um ponto A a um ponto B.”

“Eu descreveria espaço como uma distância.”

Para estruturar um perfil epistemológico para esse conceito, as manifestações foram classificadas como:

a) *Realismo ingênuo*: As expressões dessa categoria trazem uma grande subjetividade e marcas do egocentrismo, caracterizado pela ideia de que o espaço varia de indivíduo para indivíduo. Em tais manifestações, o espaço aparece intimamente relacionado à existência ou presença de um indivíduo:

“Nossa casa é um espaço... A sala de aula é um espaço onde cabem as pessoas aqui.”

“Espaço é um lugar onde se localiza a Terra e a gente.”

b) *Empirismo*: As respostas do pensamento empirista estão relacionadas com o fato de que o espaço torna-se uma quantidade mensurável, com a construção e utilização de unidades homogêneas de medidas, como podemos observar nas frases:

“Tem muitos tipos de espaço, como o espaço do quarto até a cozinha (...)”

“Quilômetros é espaço.”

“Espaço é a distância de um lugar para outro, por exemplo, São Paulo para Minas.”

c) *Racionalismo tradicional*: Ocorre pela inserção do espaço num corpo de conhecimentos, quando as propriedades do espaço, enquanto distância, ganham significação no interior de uma teoria. O espaço passa a ser considerado absoluto, independe do referencial e pode ser considerado um parâmetro matemático abstrato.

“Como se fosse o ponto A aqui e o ponto B lá na lousa. É o espaço entre eles.”

“Medimos espaço por distância usando medida, quilômetros, etc.”

Há que se observar que, da mesma forma como ocorreu para o conceito de tempo, a zona racionalista do perfil epistemológico de espaço ocorreu bem palidamente. Por exemplo, quando questionados sobre como é concebido o espaço na ciência e na Física, os alunos o relacionam com distância e até em uma das discussões, com velocidade, porém especialmente a relação com a velocidade não foi explicitada adequadamente:

Gabriela: Quilômetros é espaço.

Professora: E isso está relacionado com o quê?

Taiana: Velocidade.

Tamires: Distância.

Taiana: Velocidade.

Tamires: Distância. Está certo?

Curiosamente, o espaço não foi relacionado com o tempo. A inserção do conceito de espaço num corpo de conhecimentos permanece em estágio bastante inicial, e apenas pela lembrança desarticulada de conceitos.

Na maioria das frases utilizadas pelos alunos há uma relação do conceito de espaço com algo que se mede, seja em uma dimensão (distância) ou em duas (área). Muito embora em apenas três ocasiões tenham aparecido explicitamente unidades de medidas nas falas dos alunos, algumas concepções parecem reduzir o espaço aos procedimentos de sua medição ou medidas. Com isso, o perfil epistemológico do conceito de espaço se configura centrado no empirismo.

Quanto aos obstáculos epistemológicos, analisando as expressões escritas e as discussões em grupos, nota-se que os principais obstáculos existentes são os mesmos obstáculos relacionados com a concepção de tempo, ou seja, os obstáculos relacionados com a observação primeira, com a generalização, o obstáculo verbal e o obstáculo animista.

Os alunos, ao conceberem o espaço onde podemos construir ou guardar coisas, ou enquanto tamanho de um determinado lugar, utilizam suas *experiências primeiras*, suas concepções comuns baseadas no senso comum e nas suas sensibilidades, sem que haja um aprofundamento teórico e uma reflexão maior a respeito desse conceito.

Muitos alunos explicam o conceito de espaço através de *generalizações* (“o céu”, “o infinito”, “uma área”), como se essas palavras, que expressam características, exemplos ou particularidades do conceito, fossem capazes de conceituá-lo completamente. Na mesma direção, essas palavras podem estar relacionadas ao obstáculo verbal, especialmente em manifestações sucintas, em que tais palavras parecem construir toda a explicação para o conceito utilizado.

Na dificuldade de conceitualização, “*o espaço é o espaço*”, a tautologia poderia ser interpretada com um *obstáculo verbal*, pois a palavra espaço parece ter função auto-explicativa. Outro *obstáculo verbal* é o uso descuidado de termos com significados diferentes, como em:

“O espaço para mim faz parte da Terra, mas são dois lugares diferentes.”

“Calculando a distância de uma área.”

Nestas frases, conjectura-se o que o aluno entende também pelos termos “área”, “distância” e “lugar”, e qual seria sua relação com o conceito de espaço.

Nas respostas que classificam o espaço como algo que ocupamos, que é nosso, onde ficamos, ou que precisamos para fazer algo, pode-se supor uma associação implícita com a vida e com comportamentos humanos.

“Cada um tem que ter o seu espaço adequado.”

“Espaço é o que temos como lugar, como nosso espaço, o que é nosso, onde ficamos.”

Como parece existir a necessidade de um indivíduo para que o espaço exista (ou, em outras palavras, o espaço é um espaço *humano*), essa concepção vincula-se com o *obstáculo animista*.

Ao trazerem nas suas respostas uma grande subjetividade e marcas de egocentrismo, definindo o espaço como heterogêneo (ou seja, que varia conforme a situação ou de

indivíduo para indivíduo), esses obstáculos puderam ser conectados com a zona realista ingênua do perfil.

“Hoje eu fui pegar ônibus e sentei do lado de um garoto obeso. Ele ocupou espaço!”

“Na hora de medir alguma coisa. Não tem espaço... Tipo, na hora de colocar um cano, se ele não cabe, eu vou ter que pegar, eu vou precisar de um espaço maior.”

Conclusões

O perfil epistemológico deste grupo centrou-se mais fortemente no realismo ingênuo e no empirismo, embora a partir da interação com os grupos e com a professora tenham surgido manifestações que puderam ser relacionadas ao racionalismo tradicional. Conforme o esperado, os sujeitos dessa pesquisa em nenhum momento manifestaram concepções de tempo ou espaço que contenham aspectos do surracionalismo (relacionado às teorias da relatividade ou ao conceito de espaço-tempo quadridimensional).

Nota-se também que rudimentos de um racionalismo tradicional apareceram mais fortemente e mais frequentemente na discussão sobre o tempo, quando os alunos relacionaram o tempo com a velocidade e a distância e com algumas fórmulas da mecânica. Comparando as concepções de tempo e espaço, notamos que a discussão sobre a concepção de espaço foi mais superficial e menos debatida. A concepção de tempo foi mais aprofundada e apresentou mais elementos do racionalismo inclusive no terceiro momento (de sistematização individual das concepções), enquanto que sobre a concepção de espaço, houve menos segurança e convicção nas respostas, que foram mais pontuais e vagas.

No terceiro momento, em relação às respostas iniciais do primeiro momento, observamos um movimento das manifestações, na direção do realismo ingênuo para o empirismo, bem como um aumento significativo manifestações com características do racionalismo tradicional.

Isso não significa que houve uma modificação nos perfis dos sujeitos, mas que o método de obtenção dos dados, através de uma dinâmica de discussão em grupos, proporcionou uma caracterização mais completa dos perfis epistemológicos, pois permitiu evidenciar zonas do perfil que os indivíduos já possuíam e eram capazes de expressar, porém não de forma autônoma e espontânea. Obviamente não podemos afirmar ter obtido um perfil amplo e completo desse grupo para cada um dos conceitos, visto que não proporcionamos e analisamos todos os contextos nos quais o tempo e o espaço pudessem ser utilizados (e essa não seria uma meta empiricamente possível), mas o delineamento do perfil que obtivemos nos pareceu significativo dentro do objetivo proposto.

As conceituações de tempo e espaço características do racionalismo tradicional – e especialmente interessantes para o aprendizado da Física – apareceram de forma bastante tímida. Apesar de em nenhuma zona do perfil as manifestações terem apresentado um “aprofundamento teórico” na respectiva doutrina filosófica, para as

demais zonas do perfil muitos exemplos e conexões empíricas foram apresentadas pelos sujeitos, diferentemente do que ocorreu na zona racionalista. Além disso, não houve menção explícita ao intervalo de tempo, ou seja, o tempo que se cronometra a partir de um instante arbitrário que se convencionou como inicial ($t=0$) em comparação com o tempo absoluto (passagem homogênea e linear); como também não surgiu, nas discussões sobre o espaço, alguma ideia que pudesse se referir a sistemas de medição (os eixos coordenados). Essas grandezas, no âmbito da Física, assumem para o grupo um significado ainda bastante pobre e pouco conectado com a significação cotidianamente usada. Como os sujeitos da nossa população amostral já haviam estudado mecânica (eram alunos do final da primeira série do Ensino Médio), esse é um fenômeno digno de nota.

Em comparação com os resultados obtidos por Martins e Pacca (2005), que já haviam investigado o perfil epistemológico do conceito tempo para alunos do Ensino Fundamental, nossos resultados para essa população amostral (que era do Ensino Médio) foram muito semelhantes: elementos realistas e empiristas mais intensos do que elementos do racionalismo; e empirismo, embora muito presente, pouco sólido (por exemplo, pelo indício da confusão nos métodos de medida do tempo). A alternância entre expressão individual escrita e dinâmica de grupos, adotada como método de produção de dados, parece ter sido eficaz para uma boa caracterização do perfil do grupo estudado.

Em relação aos obstáculos, nosso método de obtenção de dados, por propiciar uma discussão direta quanto à definição dos conceitos, nos permitiu identificar as classes mais gerais de obstáculos presentes nas expressões, sem, no entanto, explorá-los mais especificamente. Martins e Pacca, por terem realizado uma investigação com questões indiretas em que o conceito era requerido para outras explicações, identificaram, por exemplo, dentro do subgrupo do animismo, a característica finalista da concepção de tempo de alguns sujeitos. Essa caracterização mais aprofundada dos obstáculos epistemológicos não foi visível nos nossos dados e, para isso, precisaríamos, de fato, de um método que solicitasse dos sujeitos a utilização dos conceitos em vários contextos específicos. O que nossos dados nos mostraram é que a classificação dos tipos de obstáculos epistemológicos, conforme a classificação de Bachelard, aplicam-se à análise das manifestações, portanto, fazem-se presentes enquanto características do pensamento pré-científico do grupo.

Para o ensino de Física, esses resultados podem nos lembrar algumas reflexões: o ensino dos conteúdos científicos como uma continuidade do conhecimento comum e a desconsideração dos conceitos prévios trazidos pelos alunos, incorre no risco de não produzir a aprendizagem almejada. Acreditamos que seja necessária uma ênfase maior no que tange à discussão dos conceitos de tempo e espaço no ensino de Física.

Nessa perspectiva, é possível sinalizar a importância de detectar esses obstáculos, e possibilitar ao professor identificar vínculos epistemológicos, de modo que isto possa se refletir no trabalho de planejamento pedagógico.

Referências

AYALA FILHO, A.L. A construção de um perfil para o conceito de referencial em física e os obstáculos epistemológicos a aprendizagem da teoria da relatividade restrita. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.15, n.1, p. 155-179, 2010.

BACHELARD, G. **Le matérialisme rationnel**. Paris: Universitaires de France, 1972a.

BACHELARD, G. Conhecimento comum e conhecimento científico. **Tempo Brasileiro**. n. 28, p. 47-56, jan-mar, 1972b.

BACHELARD, G. **A filosofia do não; O novo espírito científico; A poética do espaço**. Seleção de textos de José Américo Motta Pessanha, São Paulo: Abril Cultural, 1978.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMT. 1999.

FAGUNDES, M.B.; PAPALARDO, S.P.T.; ZANOTELLO, M. Percepção e representação do espaço: possíveis abordagens no ensino de física. In: Anais VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC). **Atas...**, Rio de Janeiro: Abrapec, 2011.

HAWKING, S. **Os gênios da ciência**: sobre os ombros de gigantes. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

LAWDEN, D.F. **Elements of relativity theory**. New York: Wiley, 1985.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, A.F.; PACCA, J.L.A. O conceito de tempo entre estudantes de ensino fundamental e médio: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n.3, p. 299-336, 2005.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E.F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: UFMG. 2000.

NARDI, R.; CARVALHO, A.M.P. um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre espaço, forma e força gravitacional do planeta terra. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.2, p.132-144, 1996.

NUSSBAUM, J.; NOVICK, D. Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A cross Age Study. **Science Education**, v.63, n.1, p. 83-93, 1979.

ROBILOTTA, M. **O Universo Físico**. Construção e realidade. Notas de aula; IF-USP, 2001.

Recebido em janeiro de 2012, aceito em junho de 2013.