



I Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales

DESAFÍOS DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA HOY

Formar sujetos competentes para un mundo en permanente transformación

Póster

UMA DISCUSSÃO SOBRE O PAPEL DO CONHECIMENTO PRÉVIO NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: TRAÇANDO APROXIMAÇÕES ENTRE DUAS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS

**Ana Maria Osório Araya
João Ricardo Neves da Silva
Alex Lino**

RESUMO

Este trabalho tem por intenção traçar relações entre duas teorias que fundamentam a formação do conhecimento científico, visando compreendê-las como complementares, no processo de aprendizagem de um conceito de Física Moderna e Contemporânea. Analisamos as concepções sobre conhecimento prévio na Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, e na teoria dos Obstáculos Epistemológicos, de Gaston Bachelard, buscando compreender como essas visões sobre o papel do conhecimento prévio divergem e, com isso, tentando traçar um caminho de aproximação entre as duas abordagens como fundamentação da análise de um processo de aprendizagem. Os dados mostram que, ao prepararmos um plano de ensino baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa, os Obstáculos Epistemológicos podem ser superados, tal como recomenda Bachelard e, então, evidenciarmos características de aprendizagem significativa. Esses resultados apoiam nossa interpretação de que, apesar de ambos os teóricos delegarem papéis opostos ao conhecimento prévio, vemos que suas teorias podem ser lidas como complementares na análise do processo de aprendizagem conceitual estudado.

ABSTRACT

The aim of this work is to draw links between two theories behind the formation of scientific knowledge in order to understand them as complementary in the process of learning a concept of Modern and Contemporary Physics. We analyze the conceptions about misconceptions on the Theory of Meaningful Learning, by David

Ausubel and the theory of Epistemological Obstacles, by Gaston Bachelard, trying to understand how these views on the role of prior knowledge differ and, thus, trying to trace a path of rapprochement between the two approaches as the basis of analysis of a learning process. The data show that, in preparing a teaching plan based on the Theory of Meaningful Learning, Epistemological Barriers can be overcome, as recommended by Bachelard and then we evidence characteristics of meaningful learning. These results support our interpretation that, although both theoretical delegate roles opposite to prior knowledge, we see that his theories can be read as complementary in the analysis of the learning process conceptual study.

Palavras-Chave: Aprendizagem Significativa, Obstáculos Epistemológicos, Física Moderna e Contemporânea, Ensino Médio.

Keywords: Meaningful Learning, Epistemological Obstacles, Modern and Contemporary Physics, High School.

Palabras-clave: Aprendizaje Significativo, Obstáculos Epistemológicos, Física Moderna y Contemporánea, Enseñanza Media.

INTRODUÇÃO

Neste texto, iremos abordar as relações existentes entre duas teorias do conhecimento, a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria dos obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard, buscando elucidá-las em aproximação com o sentido dado aos obstáculos didáticos.

Acreditamos na necessidade da discussão dessas relações, pois, inicialmente, estas teorias parecem se apresentar de maneiras bastante distintas. A primeira argumenta que o conhecimento prévio é o fator mais importante para a aprendizagem significativa e, com isso, o indivíduo precisa deste conhecimento para progredir significativamente em seu aprendizado; já a segunda teoria, nos mostra que o pensamento prévio pode ser um obstáculo para o aprendizado posterior, por isso, este conhecimento prévio deve ser “destruído” ou reconstruído para a aprendizagem subsequente ocorrer.

Contudo, apesar de ambos teóricos demonstrarem convicções e teorizações diferentes sobre o fenômeno do conhecimento prévio, acreditamos que estas duas vertentes podem fundamentar um processo de ensino e de aprendizagem de forma complementar, constituindo-se em um referencial para a afirmação – ou negação – de certas aprendizagens a partir de uma análise pautada nas duas considerações teóricas.

Sendo assim, discutiremos, de forma breve, algumas relações entre as duas teorias, tentando mostrar ao leitor, a partir de dados obtidos com alunos do segundo ano do ensino médio, que uma interpretação pode complementar a outra em suas respectivas limitações. Para tanto, devemos primeiramente discorrer sobre as conceituações importantes em cada uma das teorias.

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

David Ausubel publicou seus primeiros estudos sobre a teoria da aprendizagem significativa em 1963 (*The Psychology of Meaningful Verbal Learning*) e desenvolveu-a durante as décadas de 1960 e 1970. Mais tarde, no final da década de 1970, Ausubel recebeu a contribuição de Joseph D. Novak que progressivamente incumbiu-se de refinar e divulgar a teoria. Com a contribuição de Novak, a teoria da aprendizagem significativa modificou o foco do ensino.

Desde a década de 1970, a teoria tem sido enriquecida, interpretada e divulgada por Marco Antonio Moreira e Elcie F. Salzano Masini (2008), entre outros, aqui no Brasil.

O que Ausubel mais enfatiza em sua teoria é ensinar a partir do que o aluno já sabe. Desta forma, deve-se primeiramente dar atenção ao seu conhecimento prévio, para assim, serem planejadas as situações de aprendizagens subsequentes.

Estas ideias iniciais trazidas pelo aluno, para a sala de aula, podem ser decisivas durante a aprendizagem. Se os conceitos a serem aprendidos forem incorporados ou relacionados com o conhecimento já existente, estes conhecimentos vão adquirir significados, tanto o conhecimento já existente como o conhecimento a ser assimilado. *O novo passa a ter significados para o indivíduo e o prévio adquire novos significados, fica mais diferenciado, elaborado* (Masini &

Moreira, 2008, p.16). Isto é aprendizagem significativa, aprendizagem com incorporação de significados.

No entanto, para ocorrer aprendizagem significativa, ou seja, para existir a ligação entre os conhecimentos, devem existir, *a priori*, algumas condições. As condições de ocorrência de aprendizagem significativa são:

...(1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma *não arbitraria* (plausível, sensível e não aleatória) e *não literal* com *qualquer* estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado 'lógico') e (2) que a estrutura cognitiva *particular* do aprendiz contenha ideias *ancoradas* relevantes, com as quais se possam relacionar o novo material (Ausubel, 2002, p.1).

Com relação à primeira condição, para assimilar significativamente um conceito, o estudante deve primeiramente querer aprender, deve construir uma necessidade de reformulação do seu conhecimento prévio, uma vez que será este conhecimento resgatador de novos conhecimentos. Deve também perceber o potencial do novo conceito, incluindo seu significado, sua importância, suas aplicações e suas correlações com outros conceitos já existentes na estrutura cognitiva.

Uma vez existindo a predisposição em aprender, a interação que ocorre entre o conceito prévio e o novo conceito aprendido não deve ocorrer de qualquer forma, ou seja, não deve ser arbitrária, assimilada a qualquer conceito, mas sim a conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo (estrutura de conhecimento).

Este conceito relevante na estrutura cognitiva do indivíduo é denominado por Ausubel de conceito subsunçor, que tem o papel de "ancoragem" dos conceitos novos a serem aprendidos. Assim, o conceito subsunçor "ancora" o novo conhecimento na estrutura cognitiva. Este processo de ancoragem é conhecido como processo de assimilação.

Estas interações também não devem ser literais, isto significa que a assimilação não deve ocorrer ao pé-da-letra. No momento da assimilação, o novo conhecimento adquire significados, que podem ser de dois tipos: significados denotativos e conotativos. Os significados denotativos são atribuídos ao contexto de uma disciplina, de uma área de conhecimento ou de um uso comum de

conhecimentos entre diversos indivíduos. Já os significados conotativos são do próprio sujeito, ou seja, são valores pessoais que o indivíduo atribui ao significado dos conceitos ou eventos.

A segunda condição para aprendizagem significativa é que o material ou a situação a ser apresentada ao aprendiz devem ser potencialmente significativos, ou seja, devem permitir que existam fluxos de relações entre conceitos prévios e conceitos novos.

O papel do professor, neste caso, é selecionar materiais de potenciais mais significativos aos alunos, ou seja, assuntos que tenham grande potencial de ligação com os conhecimentos prévios destes. Uma sequência de estudo deve ser preparada e planejada pelo professor a fim de contribuir para tais relações (nova informação relacionada à estrutura antiga).

É errado dizer que um material educativo é significativo. Não tem sentido dizer, por exemplo, que um livro é significativo ou que uma aula é significativa. Os significados não estão nos materiais educativos. Eles estão nos alunos, nos professores, nos autores. *Os materiais são apenas potencialmente significativos.* E isso implica que tenham significados lógicos e que os aprendizes tenham conhecimentos prévios especificamente relevantes (Masini & Moreira, 2008, p.19).

Quando ocorre a aprendizagem significativa ocorrem dois processos na estrutura cognitiva do aprendiz, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa que são dois meios dinâmicos da estrutura cognitiva que ocorrem à medida que acontecem as assimilações.

A diferenciação progressiva é o processo que ocorre devido a assimilações de conhecimentos novos na estrutura cognitiva pelo subsunção. À medida que o mesmo subsunção incorpora novos conhecimentos ele vai ficando cada vez mais diferenciado dentro da estrutura cognitiva. Diferenciado no sentido de significados, relativamente, a outros conceitos dentro da própria estrutura cognitiva. A diferenciação de conceitos pode facilitar a distinção entre significados, podendo assim, evitar confusões a respeito de assimilações de conceitos novos a subsunções não correspondentes a estes.

Para evitar algum tipo de perda de significados existe a reconciliação integrativa, que tem o papel fundamental de relacionar estruturas de conhecimentos que são aparentemente distintas.

Não há diferenciação progressiva sem reconciliação integrativa e vice-versa. À medida que aprende, o sujeito vai, progressivamente, diferenciando sua estrutura cognitiva, mas, ao mesmo tempo, tem que ir reconciliando diferenças reais ou aparentes e fazendo as superordenações (Masini & Moreira, 2008, p.35).

Levando estes fatores iniciais em consideração o professor pode criar estratégias para a facilitação da ocorrência de aprendizagem significativa. Uma das estratégias que o professor pode utilizar é a que leva em consideração a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Esta estratégia é gerada durante a preparação do material potencialmente significativo que deve ser apresentado ao aluno, via aprendizagem receptora¹. As ideias mais gerais e inclusivas devem ser apresentadas no início do conteúdo e, progressivamente, estas ideias devem ser detalhadas e especificadas.

Ao propor isso, Ausubel baseia-se em duas hipóteses: a) é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo mais inclusivo a partir de suas partes diferenciadas; b) a organização do conteúdo de certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (Moreira & Masini, 1982, p.21).

Como também já foi mencionado, deve acontecer a reconciliação integrativa, ou seja, os conhecimentos adquiridos devem ter relações em estruturas mais complexas ou mesmo entre conhecimentos ancorados por um mesmo subsunçor. Aqui, o papel da linguagem é o principal facilitador para a ocorrência deste tipo de ligação. Linguagem no sentido de interação entre professor e aluno para o estabelecimento de significados.

¹ A aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado (Ausubel, 2002, p.1).

A interação pessoal, via linguagem, é mais importante para facilitar a aprendizagem significativa do que sofisticados recursos instrucionais (Masini & Moreira, 2008, p.38).

Os organizadores prévios também podem servir para focalizar a atenção do aprendiz em elementos de materiais de estudo que poderiam passar inteiramente despercebidos, sem induzir a disposição que pode por eles ser oferecida. Os organizadores prévios se referem a uma organização inicial de conceitos que já foram estudados em um momento passado e que serão essenciais ao aprendizado significativo do aprendiz no momento presente (Novak, 1981).

Evidenciar se o aluno obteve aprendizagem significativa não implica em pedir ao aluno respostas mecanicamente memorizadas, com testes que atribuam conceitos ou elementos essenciais de uma proposição de conteúdo, ou seja, pedir ao aluno para que reproduza ideias no mesmo sentido das palavras que foram originalmente apresentadas.

Levando em consideração que a aprendizagem significativa deve-se apresentar de maneira não arbitrária e não substantiva ou não literal, as avaliações para evidenciar aprendizagens significativas também devem tender por estas premissas. Quando o aluno aprende significativamente, ele atribui tanto significados denotativos que são universais, quanto significados conotativos que são do próprio sujeito, idiossincráticos. Desta forma, no momento em que o aluno externaliza estes conhecimentos, os significados não são literais, ou seja, não são ao pé-da-letra, não são iguais em todos os sentidos ao apresentado pelo professor, mas sim com significados conotativos, do próprio aluno.

Levando estes pontos em consideração, existe a possibilidade de evidenciar se houve aprendizagem significativa por parte do aluno.

Com essa apresentação dos elementos teóricos da teoria da aprendizagem significativa como fundamentação de uma perspectiva já consolidada de avaliação de aprendizagem, podemos inferir que a identificação de relações significativas de novos conceitos com subsunçores pode ser utilizada como parâmetro de afirmação de aprendizagem.

A seguir, explanamos sobre a posição de Bachelard quanto ao papel dos conhecimentos prévios para, então, traçar formas de aceitação dessas duas teorias como um parâmetro maior de verificação de aprendizagem conceitual em física.

OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS SEGUNDO GASTON BACHELARD

A noção de obstáculos epistemológicos foi descrita inicialmente pelo filósofo francês Gaston Bachelard, em 1938, na obra “*A formação do espírito científico*”. Obra que tem o objetivo principal de interpretar as condições de evolução da ciência, gerando bases para realizar a psicanálise do conhecimento objetivo. Descreveu a noção de obstáculos epistemológicos que é hoje muito utilizada e mencionada em estudos de didática.

Para Bachelard, durante o ato de conhecer é que aparecem lentidões e conflitos referentes à aprendizagem que, dito de outro modo, podem ser estagnação e até regressão ao processo de compreensão de conceitos (Bachelard, 1996, p.17)

Esta estagnação, ou regressão ao ato de conhecer, é chamada de obstáculo epistemológico. Nas palavras de Bachelard, este ato de conhecer

dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. (Bachelard, 1996, p.17).

A noção de obstáculo epistemológico é, utilizada por Bachelard, para analisar o motivo das dificuldades que temos no aprendizado de conhecimento científico. Pode ser estudada “*no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação*” (Bachelard, 1996, p.21).

Os obstáculos que podem existir durante a aprendizagem de conhecimento científico, denominados por Bachelard (1996), são: i)

observação primeira; ii) conhecimento geral; iii) obstáculo verbal; iv) conhecimento unitário; v) conhecimento pragmático; vi) obstáculo substancialista; vii) obstáculo animista; viii) obstáculo ao conhecimento quantitativo.

Conhecendo o obstáculo epistemológico, poderemos conhecer o motivo da dificuldade ou o motivo da não-aprendizagem de conceitos científicos.

Devemos sempre levar em consideração que os alunos chegam às aulas de ciências com conhecimentos pré-estabelecidos em suas estruturas de conhecimento, referente aos seus conhecimentos empíricos. Estes podem, em algumas situações, serem obstáculos ao novo conhecimento que será ensinado pelo professor. Em relação a esta ideia, para 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 sala de 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).

Desta forma, devemos trabalhar para que um pensamento pré-estabelecido na estrutura de conceitos dos alunos não os leve ao não aprendido. Estes conhecimentos prévios podem ser, por exemplo, opiniões, analogias que favorecem o erro, analogias que relacionam conceitos a imagens metafóricas, entre outras, como veremos com as definições dos obstáculos epistemológicos.

OBSTÁCULOS	RESUMO	MOMENTO QUE	COMO EVITAR
-------------------	---------------	--------------------	--------------------

		PODE SURGIR	
OBSERVAÇÃO PRIMEIRA	<p>. É a opinião sem crítica científica.</p> <p>. É o pensamento empírico idealizado pelo aprendiz durante a sua vivência com o mundo.</p>	<p>. Quando durante uma aula, uma observação ou uma experiência o aprendiz se satisfazer de imediato simplesmente pela curiosidade do fato.</p> <p>. Quando a imagem pitoresca provoca a adesão a uma hipótese não verificada permitindo uma explicação intempestiva.</p>	<p>. Construção racional bem explícita, a reflexão da experiência, para assim chegarmos num pensamento científico reavivando a crítica e expondo este conhecimento em contato com as condições que lhe deram origem.</p>
CONHECIMENTO GERAL	<p>. É a imobilidade do pensamento científico quando se satisfaz com uma única definição que se apoia em uma ideia muito geral e superficial do fenômeno.</p> <p>. Este conhecimento reduz o fenômeno a um simples fato</p>	<p>. Surge com as conclusões empíricas apreçadas de algum fenômeno.</p> <p>. Quando o aluno se satisfaz com definições gerais de conceitos.</p>	<p>. Será preciso então deformar os conceitos primitivos, estudar as condições de aplicação desses conceitos e, sobretudo, incorporar as condições de aplicação de um conceito no próprio sentido do conceito (racionalização).</p>

	sem necessidade de aprofundamento.		
VERBAL	<p>. Pela simples imagem do fenômeno fica caracterizado o conhecimento a tal ponto que não se sente a necessidade de explicá-lo.</p> <p>. Associar aos conceitos concretos interpretações abstratas.</p>	<p>. As analogias que utilizamos no ensino, neste sentido, podem correr o risco de se tornarem obstáculos verbais ao conhecimento científico por associar aos conceitos concretos interpretações abstratas, fazendo o aluno pensar que avançou em suas ideias, mas não é o que ocorre.</p>	<p>. Utilizar analogias ou imagens metafóricas depois da explicação dos conceitos científicos.</p>
CONHECIMENTO UNITÁRIO	<p>. Atribui-se a qualidade de perfeição à ideia, fazendo com que generalize explicações para tudo.</p> <p>. Valorização pré-concebida e abstrata das ideias da explicação, será o caso, portanto, não de um</p>	<p>. Pode surgir em um momento de preguiça intelectual, quando o aluno atribui a vários fenômenos a mesma explicação, ou seja, por um único pensamento, ele o generaliza para vários outros.</p>	<p>. Podemos evitá-lo através da verificação afincada do fenômeno, observando suas variáveis qualitativa e quantitativa e, mostrando que pode haver relações entre conceitos de fenômenos distintos, mas destacando as diferenças.</p>

	pensamento empírico, mas filosófico.		
CONHECIMENTO PRAGMÁTICO	<p>. O pensamento pragmático acaba por ser um pensamento exagerado.</p> <p>. Caracteriza-se por explicar os fenômenos pela sua utilidade relativa ao homem.</p>	<p>. Pode surgir em momentos de justificativa do porque estudar aquele fenômeno, pois muitas vezes utilizamos da justificativa da utilidade dos fenômenos para poder estudá-los. Neste momento, pode ficar caracterizado a explicação do fenômeno, se tornando obstáculo a conhecimentos posteriores.</p>	<p>. Na tentativa da comprovação da ideia nunca dar explicações exageradas no sentido metafísico e filosófico.</p>
SUBSTANCIALISTA	<p>. É a atribuição de diversos poderes, virtudes e forças à substância.</p> <p>. A explicação do fenômeno é dada pelos próprios adjetivos que se atribuem a</p>	<p>. Surge no momento em que o pensamento é guiado pelo que se vê e como se vê. É desta maneira que as qualidades designadas à substância são recebidas para a explicação dos fenômenos: <i>dos sentidos</i>.</p>	<p>. Este obstáculo é muito difícil de ser superado, pois se apoia no empirismo que tem uma base não muito segura, que são as proposições de observação. Portanto, devemos mostrar aos alunos que</p>

	substância.		nossas observações podem ser falhas e não garantem a conclusão da explicação do fenômeno.
ANIMISTA	. Atribui vida ou características dos seres vivos aos fenômenos e objetos inanimados.	. Quando se tenta atribuir um valor vital e indiscutível à explicação do fenômeno, pela simples sedução de uma afirmativa sem provas. Quando se acha a analogia coerente o autor pode atribuir uma força sem limites aos elementos inanimados, animando-os, ou seja, atribuindo vida.	. Deve-se tomar cuidado com as analogias que relacionam as características dos seres vivos aos objetos inanimados.
CONHECIMENT O QUANTITATIVO	. O pensamento científico não deve se aliar a nenhum destes extremos, o extremo quantitativo e o extremo qualitativo, que entravam o pensamento por um todo. O extremo	. Este obstáculo pode surgir em um momento em que não é enfatizada, pelo professor ao aluno, a importância dos dois extremos, os conhecimentos que atribuem qualidade ao fenômeno e os conhecimentos que atribuem	. Deve-se enfatizar sempre a importância de dados quantitativos e qualitativos para explicação por um todo de um fenômeno.

	<p>quantitativo é imediato e superficial se tornando subjetivo e obstáculo ao conhecimento qualitativo. O extremo qualitativo não faz ligação a um pensamento qualitativo de correlações entre objetos de um mesmo fenômeno, desta forma se tornando um obstáculo.</p>	<p>quantidade ao fenômeno.</p>	
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	--

Quadro 1 - Resumo dos obstáculos epistemológicos

Com essas considerações, podemos entender também a concepção de obstáculos epistemológicos de Bachelard como algo a ser observado na elaboração de aulas de Física e que podem contribuir na melhor formação dos conceitos. A seguir, descrevemos uma experiência de aulas elaboradas na intenção de superar os obstáculos epistemológicos e como elas produziram resultados avaliáveis na perspectiva da aprendizagem significativa.

A ELABORAÇÃO E ANÁLISE DAS AULAS

Para obter resultados referentes à possibilidade de incorporação de ambas as perspectivas teóricas aqui discutidas na aprendizagem

de um conceito físico, investigamos a aprendizagem dos alunos na formação de um conceito de transição entre a Física Clássica (FC) e a Física Moderna e Contemporânea (FMC), o conceito de quantização da energia.

Escolheu-se como tema uma aula em que houvesse algum problema fenomenológico no qual a FC não daria conta de explicar. Sendo assim, teria de haver a necessidade de explicação seguindo algum modelo de FMC. Desta forma, escolheu-se como problema a ser tratado “a radiação de corpo negro”, inserido dentro do tema “mecanismos de transferência de calor”. Como a interpretação clássica não explica a curva espectral da radiação de corpo negro deve-se considerar as propostas dos modelos da Física Quântica (FQ), que propõe a quantização da energia para a solução do problema. Para a aprendizagem significativa foi levado em consideração, inicialmente, a premissa de que o material que deveria ser apresentado para os alunos fosse potencialmente significativo, ou seja, que este material permitisse que os alunos estabelecessem as relações existentes entre os conceitos prévios e os novos conceitos a serem aprendidos. Outro ponto importante da preparação, que foi levado em consideração, foi o de que se pôde perceber os significados dos conceitos mais facilmente quando o material é apresentado partindo de conceitos mais gerais e progressivamente especificando-os. Para atingir estes objetivos, criou-se uma hierarquia conceitual da aula relativamente à especificidade das ideias que seriam apresentadas. Como a teoria de Ausubel orienta, deve-se sempre seguir esta hierarquia conceitual durante as aulas, mas também sempre voltando a conceitos já apresentados, para desta forma, fazer com que o aluno perceba as relações existentes entre os conceitos, que caracteriza uma estratégia de ensino para a facilitação de aprendizagem significativa, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Trabalhamos também na intenção de não permitir que estes conteúdos se tornassem obstáculos epistemológicos no aprendizado dos alunos. Para tanto, as aulas foram preparadas seguindo como procedimentos o quadro de resumos dos obstáculos mostrado no referencial teórico, onde existe um setor que nos mostra, segundo Gaston Bachelard (1996), como poderíamos evitá-los. Resumida e objetivamente, seguimos uma linha de construção racional, reflexão das experiências e dos fenômenos, reavivamento da crítica, tomando cuidado com analogias e imagens metafóricas, que utilizamos apenas

após a apresentação dos fenômenos. Evitamos explicações exageradas em sentidos metafísicos e mostramos a importância dos dados quantitativos e qualitativos.

Após estes esforços na elaboração de uma sequência de 15 aulas desse tema, os alunos foram avaliados por meio de questionários teóricos e da construção de mapas conceituais (Novak, 1983) sobre o tema estudado, no qual se pôde observar as ligações conceituais realizadas pelos alunos ao longo dos meses de estudo do tema.

Foram, então, analisadas as respostas dos alunos aos questionários teóricos antes e depois do processo de elaboração das aulas e também os mapas conceituais constituídos pelos alunos, como exemplificado abaixo:

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Porque a lâmpada transfere ondas eletromagnéticas que contém energia para o corpo.</i>	A presença da idéia de onda eletromagnética é um indício de que o aluno tinha um conhecimento prévio ainda baseado em idéias clássicas, o que era esperado para o primeiro questionário
C2	Não há respostas pertencentes à categoria C2.	

Quadro 2 - Análise do questionário I do aluno 1

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Calor é a energia transferida de um corpo para outro.</i>	O aluno faz a relação correta com energia e calor, mas nada diz quanto a natureza dessa energia.
C2	<i>Um corpo transmite calor, em forma de blocos chamados fótons, o corpo que absorve a radiação aumenta a agitação das partículas e da temperatura.</i> <i>A absorção da radiação faz com que a agitação aumente.</i> <i>Quanto maior a frequência das partículas, mais se aproxima da luz visível.</i>	Mostra a mudança da idéia de energia, que passa a ser interpretada pelo aluno como quantizada. O aluno ainda faz relações corretas entre os conceitos de absorção de radiação com o aumento de temperatura e com a frequência da radiação emitida. Obliteração do subsunçor.

A análise dos questionários do aluno 1 mostra que ele tinha, antes das aulas de FMC, um conceito de energia correto, como podemos observar em C1 do questionário I, em que o aluno expressou a ideia de que as ondas eletromagnéticas transportam

energia de um corpo para outro. Já em C2 do questionário II observamos uma mudança conceitual quanto ao significado de energia emitida pelo corpo, desta vez com significados quânticos. Interpretamos este fato como uma evidência de aprendizagem significativa, pelo fato de que houve mudança no conceito subsunção “energia”, no sentido de que ficou mais significativo ao aluno quando incorporou as abordagens quânticas. Ainda com relação ao questionário II, o aluno soube destacar corretamente a relação de temperatura com o grau de agitação das partículas de um corpo, e podemos observar também que soube explicar que a emissão de energia depende deste grau de agitação, destacando a natureza da radiação, em que cita que o calor é emitido em blocos denominados fótons. Por existir aí um raciocínio correto do aluno que fez estas relações certas, e que também notamos que foi apresentado diferentemente do material exposto pelo professor, podemos inferir um indicio de aprendizagem significativa. Este indicio é baseado no que diz respeito ao conhecimento conotativo do aluno, aquele conhecimento que traz consigo interpretações do próprio aluno, e quando o aluno externaliza o conhecimento desta forma, ele nos mostra que obteve aprendizagem significativa.

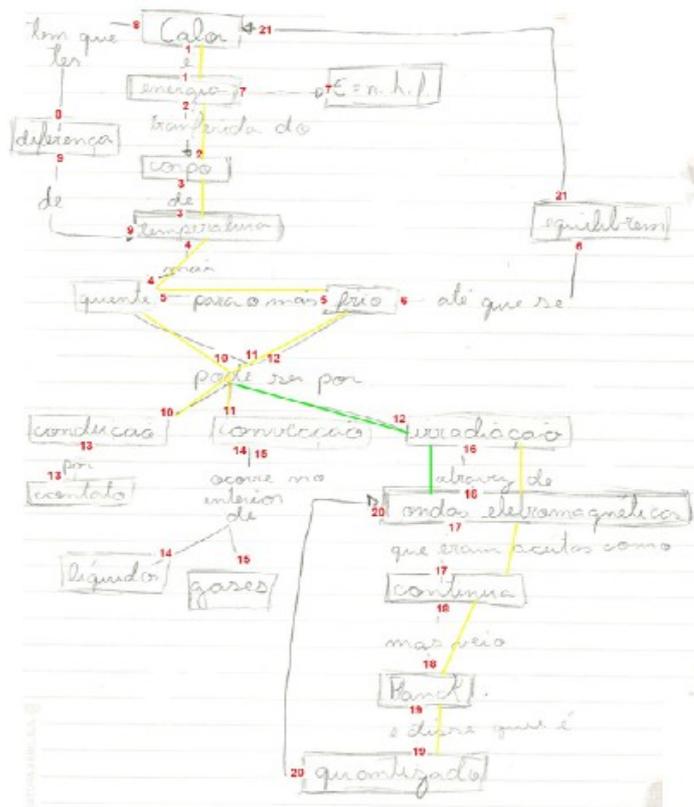


Figura 2: Mapa conceitual do aluno para análise

Podemos notar no mapa conceitual duas hierarquias e uma conexão cruzada, procedimentos muito importantes para indícios de aprendizagem significativa. Podemos observar, também, relações importantes com o subsunçor “energia” de conceitos de quantização de energia. Os segmentos das linhas amarelas representam as estruturas hierárquicas e, como podemos notar, este mapa apresenta duas estruturas. A primeira aborda os conceitos de “calor” e “energia” como os conceitos mais gerais e são seguidos, mais abaixo no mapa, de suas especificações. O aluno reconhece que o “calor” é uma forma de “energia” e diz como acontece a transferência de calor de um corpo para outro. Mais abaixo no mapa observamos os tipos de transferência de calor, e uma ramificação chegando ao conceito de “ondas eletromagnéticas”, em que este, por sua vez, é especificado

segundo conceitos quânticos, mostrando que as ondas eletromagnéticas são emitidas por um corpo de maneira quantizada. A linha verde nos mostra uma conexão cruzada entre estas duas hierarquias. Interpretamos esta conexão como um indicio de que houve relações de conceitos clássicos com conceitos quânticos, além do mais, aprendizagem significativa. Apesar da falta de proposições no mapa do aluno 1, de acordo com as análises, podemos acreditar que a aprendizagem foi satisfatória, mostrando a possibilidade de ligação de conceitos clássicos a conceitos de FMC a partir de uma aprendizagem significativa.

Esse mesmo trabalho foi realizado com os oito alunos participantes da pesquisa e conduziram a observações que nos permitem desenhar uma aproximação entre essas concepções teóricas no âmbito da elaboração de aulas e análise de aprendizagens em Física.

CONCLUSÕES: UMA BREVE DISCUSSÃO DAS RELAÇÕES ENTRE AS DUAS TEORIAS

Com os dados aqui resumidos, encaramos a tarefa de elucidar como, na nossa perspectiva, as recomendações da teoria da aprendizagem significativa e dos obstáculos epistemológicos podem ser complementares num processo de elaboração de sequências de aulas que visem a melhor formação de conceitos pelos aprendizes.

Para começar, podemos citar Ausubel (1980), em seu prefácio

O mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe.
Determine isto e ensine-o de acordo (Ausubel, 1980, p. 6).

Essa influencia, pode ser tanto inibidora como facilitadora do aprendizado. Esta é a primeira relação que existe entre as duas teorias que queremos mostrar, que abordam conhecimento prévio.

O conhecimento prévio sempre irá intervir na aprendizagem, tanto no sentido de auxiliar como no sentido de atrapalhar, é por isso que Ausubel diz que o fator que mais influencia a aprendizagem é o conhecimento prévio.

Para ocorrer aprendizagem significativa, é importante que o indivíduo perceba o novo conhecimento que está aprendendo como conhecimento novo, para a sua devida ancoragem ao conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva, mas

...o conhecimento prévio pode impedir que o sujeito perceba o novo conhecimento como novo, funcionando, então, como o que Bachelard chamou de obstáculo epistemológico (Masini & Moreira, 2008, p.21).

Nesta perspectiva, é que o conhecimento prévio pode servir como obstáculo epistemológico, ou, quando inserido no contexto da aprendizagem escolar, obstáculo didático. De uma forma ou de outra, o conhecimento prévio é o fator que mais influencia a aprendizagem, por isso deve ser tratado com muita importância no processo de aprendizagem, e é por isso que argumentamos inicialmente que as duas teorias poderiam se complementar, no sentido do conhecimento prévio.

A teoria da aprendizagem significativa foca em como o conhecimento prévio pode facilitar e ser útil a aprendizagem, mas a teoria dos obstáculos epistemológicos foca em como esses conhecimentos prévios podem intervir de maneira a atrapalhar o aprendizado científico.

Devemos salientar que neste texto, não utilizamos os dois referenciais considerando-os como ideias opostas, mas utilizamos como complementos.

Uma pergunta que surge neste momento sobre o conhecimento prévio é: mesmo na aprendizagem significativa que o conhecimento prévio tem a função de subsunção, ele pode também ser um obstáculo ao conhecimento científico?

A resposta é sim, e para explicar, vamos analisar o primeiro obstáculo epistemológico apresentado, o obstáculo da observação primeira, e também iremos utilizar a premissa de que mesmo que haja aprendizagem significativa, isto não implica que o que se aprendeu é coerente com o conhecimento denotativo.

Como já mostrado no quadro 1, o obstáculo da experiência primeira é a opinião sem crítica, é o pensamento empírico idealizado pelo aprendiz durante a sua vivência com o mundo. Isto apresenta um obstáculo ao aprendizado posterior, pois o aprendiz pode se satisfazer de imediato, simplesmente pela curiosidade do fato, e achar que pela sua opinião empírica a explicação do fato está completa, não sentindo a necessidade de desenvolver o seu conhecimento. Se esta opinião empírica está “ancorada” na estrutura cognitiva do indivíduo, ela representa uma aprendizagem significativa e, como já foi dito será muito difícil “apagá-la da mente” da pessoa.

Neste sentido, ela terá de conviver com a opinião em sua estrutura cognitiva, mesmo que esta esteja equivocada em relação ao fato propriamente dito. Desta forma, será difícil progredir cognitivamente, será difícil aprender de maneira correta. No entanto, nem mesmo a opinião equivocada pode impedir o indivíduo de aprender da maneira coerente ao pensamento denotativo e significativamente. Uma vez que ele rompa com esta opinião equivocada e perceba que esta o impede de progredir cognitivamente, ele aprenderá. Desta vez, será uma construção racional bem explícita, refletindo com a experiência, reavivando a crítica, chegando assim num pensamento científico e significativo.

É importante salientar que, mesmo tendo o aprendizado correto, científico, crítico e significativo, aquilo que era obstáculo ainda vive na estrutura cognitiva, mas agora não mais como um obstáculo, a pessoa aprenderá a diferenciar o certo do errado toda vez que enfrentar a situação de aprendizagem novamente, ou o conceito ou o evento.

Desta forma, como método de aprendizagem, o professor poderia seguir as duas linhas metodológicas, tanto a da aprendizagem significativa, como os obstáculos epistemológicos, no sentido dos conhecimentos prévios relevantes para a aprendizagem. Tendo em mente os obstáculos que podem ocorrer mediante a aprendizagem, observado no quadro de resumo dos obstáculos

epistemológicos, o professor pode tentar evitá-los no momento da negociação de significados.

À medida que o sujeito aprende, vai diferenciando em sua estrutura cognitiva o conceito subsunçor, isso pode gerar um obstáculo didático do tipo geral ou unitário. O conhecimento se diferenciou tanto dos demais que o aluno não sente a necessidade de relacioná-los a outras ideias e conceitos, ou seja, a outras estruturas cognitivas.

A este pensamento, generalizado e diferenciado na estrutura cognitiva, pode ser atribuído a explicação dos fenômenos; com um único pensamento se daria a explicação de tudo. Este obstáculo se apresenta “como em um ato de desejo do espírito científico de generalização da natureza”. No ato de inserir a ideia como *perfeita* a explicação se dará, com certeza, para qualquer fenômeno. Este desejo é obstáculo ao conhecimento, pois não faz progredir o pensamento científico com questionamentos e hipóteses relativas ao fenômeno, mas sim o conhecimento realizado sem esforço (BACHELARD, 1996, p.105-107). E ainda em complemento, não se faz relacionar os conhecimentos, evitando o desenvolvimento da aprendizagem.

Utilizando-se a ferramenta da diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e as formas de se evitar os obstáculos epistemológicos, atingiu-se resultados de aprendizagem significativa, de modo que pôde-se compreender a leitura desses dois referenciais como complementares no processo de formação de conceitos importantes, como o de energia.

REFERENCIAS

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning.**
New York: Grune & Stratton, 1963.

AUSUBEL, D.P. ; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional.** Interamericana: Rio de Janeiro, 1980.

AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimento:** uma perspectiva cognitiva. Platano edições técnicas: Lisboa, 2002.

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

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**: Condições para a ocorrência e lacunas que levam ao comprometimento. São Paulo: Vetor. 2008.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa**: A teoria de David Ausubel. Editora Moraes: São Paulo, 1982.

NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação**. Ed. Pioneira: São Paulo, 1981.

Alex Lino

FCT/UNESP -
Presidente Prudente -
Brasil
alexlinoo@hotmail.com

**João Ricardo Neves da
Silva**

FC/UNESP -Bauru - Brasil
jricardo.fisica@gmail.com

**Ana Maria Osório
Araya**

FCT/UNESP -Presidente
Prudente - Brasil