

A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma análise de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa.

The influence of prior knowledge in the teaching of modern and contemporary physics: an analysis of conceptual change as a process of significant learning.

Alex Lino, Moacir Pereira de Souza Filho, Ana Maria Osório Araya, João Ricardo Neves da Silva

Resumo

Este trabalho buscou verificar se uma metodologia de ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio pode ser potencialmente significativo quando inserido de forma conjunta com o ensino de Física Clássica. Os assuntos que foram trabalhados com os alunos têm em comum os conceitos de calor e energia. Durante as aulas de *processos de transferência de calor* foi abordado o *problema da radiação de corpo negro*, inserindo conceitos de Física Quântica, como a quantização de energia. As aulas foram preparadas com base na teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. As análises dos questionários revelaram que muitos alunos sofreram obliteração de seus subsunçores e os mapas nos mostraram hierarquias altamente organizadas das estruturas cognitivas dos alunos, estes são indícios de aprendizagem significativa. Fora observado, também, principalmente pela análise dos mapas, ligações entre conceitos de Física Clássica e conceitos de Física Moderna.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea, Aprendizagem Significativa, Mapas Conceituais.

Abstract

This paper aimed verify if a methodology of teaching of Modern and Contemporary Physics at high school may be potentially significant when inserted in a combined way with the teaching of Classical physics. During the classes about the *process of heat transference*, it was approached the issue about *the blackbody radiation problem*, inserting concepts of Quantum Physics, as the quantization of energy. In order to reach this objective the classes were prepared based on the theory of significant learning of David Ausubel. The data analysis reveled that many of the students suffered obliteration of their subsumers and the maps shows us highly organized hierarchies of the cognitives structures of the students, this is indication of significant learning. It was also observed, mainly through the analysis of the conceptual maps, relation between classical physics and Concepts of Modern physics.

Keywords: Modern and Contemporary Physics, Significant Learning, Conceptual Maps.

Introdução

Um dos objetivos da ciência é o de produzir teorias que sejam modelos ou instrumentos adequados e ajustáveis para a tentativa de relacionar um mundo de observações com um mundo real. Este mundo de observações é mutável, pois depende de nossas interpretações e análises. Já o mundo real é o Universo em que vivemos, imutável relativamente ao seu comportamento, que depende do mundo das observações para sua explicação.

É importante ressaltar que as teorias que tendem a explicar o único mundo físico estão em constantes modificações, pois:

Por mais amplas que sejam nossas teorias, e por mais profundas que sejam suas investigações na estrutura do mundo, sempre permanece a possibilidade de desenvolvê-las a um nível mais profundo ou em frentes mais amplas ou mais novas (CHALMERS, 1993, p. 209).

Sendo assim, para a ciência não há limite, pois nunca uma teoria conseguirá explicar todos os fatos, mas sempre será suplantada por outra que consegue ir mais longe. Essa é a base para o desenvolvimento do conhecimento científico. E desta maneira, caminha a ciência em busca de uma explicação que mais se aproxime da realidade vivenciada. Por exemplo, desde a primeira década do século XX, a Física Quântica e as Teorias da Relatividade são teorias que mais se aproximam de uma explicação da realidade da natureza, desde o mundo atômico até o macroscópico.

A Física de Galileu e Newton, também conhecida como Física Clássica, apesar de ser perfeitamente aplicável a fenômenos macroscópicos e de ter, incontestavelmente, muito valor em suas teorias, não explica fenômenos importantes que hoje conhecemos, como a quantização da energia, a relação espaço – tempo para velocidades próximas à da luz, que por sua vez são explicados pela nova Física, ou melhor, a Física Moderna, que corresponde a um conjunto de teorias e modelos desenvolvidos a partir de 1900 e que produziram uma gama de explicações dos fenômenos observados mais ampla que sua antecessora.

Estamos no início do século XXI e ainda temos a Física Clássica determinística ensinada nas escolas de Ensino Médio (EM) como única e absoluta, fazendo com que o atual currículo de Física fique desatualizado em relação ao avanço científico ocorrido desde o início do século XX até o presente, com o surgimento de novos modelos científicos e novas áreas da ciência.

Desta forma, pode-se ainda ter a hipótese de que quando o aluno se depara com um estudo tão antigo da Física, pode ter a impressão de que a ciência não sofreu avanços significativos e sempre será deste mesmo jeito, sem perspectivas de mudanças. Isso é um fator que desmotiva o aluno em relação aos estudos de Física, imaginando que ela se resume a cálculos determinísticos de movimento em cinemática e dinâmica, por exemplo, uma vez que esta ideia não é coerente com que relatamos no início desta introdução.

Esta desatualização do currículo de Física traz consigo muitos problemas para as práticas pedagógicas de sala de aula, que seriam desvinculadas e descontextualizadas da

realidade do aluno, além de julgar a Física como uma ciência imutável e inquestionável. A falta da ciência moderna nas aulas de Física, inclusive, pode fazer com que os alunos não percebam a ligação existente entre a Física e seu cotidiano tecnológico, podendo isto ser outro fator desestimulante em relação ao estudo das áreas científicas, setores estes que já não são tão aceitos pela maioria dos alunos. Quase toda a tecnologia utilizada pelos alunos requer, para seu entendimento, conhecimentos de conceitos modernos de Física. Tornando, assim, o ensino de Física pouco atraente e motivador para os jovens. Para Ostermann

É fundamental também despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles. Além disso, uma boa formação científica faz parte de um pleno exercício da cidadania. (OSTERMANN, 1999, p.267).

Para Terrazzan (1992, p. 209-214) a necessidade de se atualizar o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos (início do século XX até início do século XXI) para o entendimento do universo criado pelo mundo atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo ambiente.

A importância do tema ainda pode ser justificada de forma clara nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), afirmando que a Física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas com o objetivo de que o aluno perceba e lide com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do Universo distante, a partir de princípios, leis e modelos que são construídos pela própria Física. (BRASIL, 2002)

Em contrapartida, muitos fatores contribuem para a falta deste tipo de conhecimento nas escolas, como por exemplo, a escassez de material didático e metodologias que dificultam o trabalho dos professores frente à sala de aula.

Parece que há muitas justificativas em favor da atualização curricular e até uma bibliografia que apresenta (não tão aridamente como a literatura especializada) temas modernos. Entretanto, colocar todas estas reflexões na prática da sala de aula é ainda um desafio. Outra questão desafiadora é a escolha de quais tópicos de FMC deveriam ser ensinados nas escolas [...] (OSTERMANN E MOREIRA, 2000).

Há uma escassez de trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes acerca de tópicos de FMC, bem como pesquisas que relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem (OSTERMANN E MOREIRA, 2000).

Sendo assim, desenvolveu-se uma pesquisa que visa exatamente aplicar tópicos de FMC em sala de aula, apresentando resultados de aprendizagem, ou seja, avaliar e propor uma metodologia diferenciada de aplicação de conteúdos de FMC baseada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Segundo Moreira e Masini:

a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo" (MOREIRA E MASINI, 1982, p.7).

No entanto, no que diz respeito à FMC, muitos desses conceitos prévios não estão presentes nas estruturas de conhecimento dos alunos. Logo a assimilação de um novo conteúdo torna-se mais difícil, pois nem sempre existe uma estratégia de ensino

com o âmbito de facilitar a aprendizagem destes tópicos ou que propiciem ligações entre conceitos prévios adequados.

Um exemplo que faz parte da teoria moderna é a quantização da energia. Um dos conhecimentos prévios que o aluno necessitaria ter é o conceito de energia (um conceito ainda clássico), outros ainda seriam os conceitos de emissão de radiação e ondas eletromagnéticas. Se o aluno não tiver em sua estrutura cognitiva estes conceitos prévios, certamente ele não entenderá a quantização da energia.

Baseado na argumentação apresentada pode-se elaborar a seguinte questão de pesquisa: *Ensinar Física Moderna a partir dos limites da Física Clássica pode ser um método eficaz na perspectiva da aprendizagem significativa?*

Com base nesta questão de pesquisa, foi desenvolvido este trabalho, que visa ensinar FMC a partir dos limites da FC, avaliando a capacidade dos alunos de construir uma aprendizagem significativa dos conceitos ensinados. Ou seja, quando a FC não for suficiente para explicar algum fenômeno, introduziu-se a FMC como ampla continuação de estudo, em busca da construção dos conceitos tal como recomendado pelo referencial teórico em estudo.

Para o desenvolvimento do trabalho, escolheu-se uma turma da segunda série do Ensino Médio, na qual os conteúdos de quantização da energia de Planck foram introduzidos a partir do estudo da radiação térmica, em termodinâmica. Com isto, pôde-se avaliar a qualidade da aprendizagem destes conceitos por meio dos preceitos teóricos da Aprendizagem Significativa, recorrendo à utilização de questionários e à confecção de mapas conceituais pelos alunos como forma de avaliação.

Aprendizagem Significativa

O que Ausubel mais enfatiza em sua teoria é ensinar a partir do que o aluno já sabe; em suas próprias palavras:

“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).

Assim, deve-se primeiramente dar atenção àquilo que o aluno já sabe, para assim, ser planejado as situações de aprendizagens subseqüentes.

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 relacionada de forma *não arbitrária* (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 a primeira condição, para assimilar significativamente um conceito o estudante deve primeiramente querer aprender, deve construir uma necessidade de mexer com seu conhecimento prévio, uma vez que será este conhecimento resgatador dos 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, ligada ou 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.

A segunda condição para aprendizagem significativa é que o material ou a situação a ser apresentada ao aprendiz deve ser potencialmente significativa, ou seja, deve 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 seqüência de estudo deve ser preparada e planejada pelo professor a fim de contribuir para tais relações (nova informação relacionada à estrutura antiga).

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 subsunçor. À medida que o mesmo subsunçor 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 subsunçores 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.

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 idéias 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.

Tanto para a facilitação da aprendizagem significativa como para evidenciar se houve aprendizagem significativa, os mapas conceituais podem ser utilizados. Por estas perspectivas serão abordadas as idéias de mapas conceituais, como utilizá-los, construí-los, aplicá-los e avaliá-los.

Mapa conceitual é um tipo de diagrama que indica relações entre conceitos ou entre palavras que usamos para representar os conceitos. Estes conceitos são especificados em caixas que podem ser, por exemplo, triângulos, retângulos ou círculos, que também podem estar interligados por linhas ou setas quando entre eles existir alguma relação, rotulando essa ligação, especificando de que forma esses conceitos estão relacionados.

Os mapas conceituais têm por objetivo representar as relações significativas entre conceitos em forma de proposições, uma vez que é terminada uma tarefa de aprendizagem eles podem proporcionar um resumo esquemático de tudo o que foi aprendido (NOVAK & GOWIN, 1988, p.33).

A estrutura cognitiva é hierárquica em termos de generalizações conceituais, ou seja, conceitos mais gerais ocupam o topo da estrutura, seguidos por conceitos cada vez mais específicos, ocupando lugares cada vez mais abaixo da mesma estrutura. Como os mapas representam uma estrutura de aprendizado, eles devem seguir a mesma linha de pensamento.

A elaboração de mapas conceituais é uma técnica destinada para externalizar os significados dos conceitos e proposições do indivíduo. Neste sentido, a frequente elaboração destes pode ser uma atividade criativa e pode ajudar a fomentar a criatividade. Durante a confecção dos mapas, o indivíduo também pode perceber relações entre conceitos que antes não percebia, gerando assim, novas proposições significativas (NOVAK & GOWIN, 1988, p. 34-35).

Desta forma, o professor pode utilizar os mapas conceituais para determinar o caminho que deve seguir para negociar os significados e organizá-los com os alunos, assim como ensinar as concepções equivocadas que podem ter. Para isso deve-se, inicialmente, ensinar os alunos a confeccionar mapas.

Com isso, conclui-se que a teoria da aprendizagem significativa pode ser utilizada como um parâmetro bem fundamentado no estudo da aprendizagem de conceitos.

Metodologia

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”, inserida 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 levou-se em consideração, foi o de que o aprendiz pode 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 idéias 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.

Em relação à verificação de ocorrência de aprendizagem significativa optou-se, como método de avaliação, pelos mapas conceituais. Para tanto, deveria ser ensinado, primeiramente, os alunos a construírem os mapas. Desta forma, antes da aplicação das aulas elaboradas, reservou-se duas aulas com este intuito.

Após a aula, solicitou-se aos alunos que confeccionassem um mapa como exercício. Distribuiu-se um texto sobre o funcionamento de uma usina hidroelétrica, pediu-se que grifassem todos os conceitos mais importantes do texto, escrevessem esses conceitos em uma folha, identificando a ordem de generalização de cada conceito, para que assim pudessem construir os mapas conceituais. O texto utilizado na aula referente a construção dos mapas teve o seguinte título: “O funcionamento de uma usina hidroelétrica”.

Para a verificação da ocorrência de aprendizagem significativa quando submetidos a esta forma de ensino de um tópico de Física Moderna, existia a necessidade de saber se os alunos possuíam os subsunçores necessários. Como a teoria da aprendizagem significativa mostra, com as assimilações obliteradoras, à medida que o sujeito assimila novas informações com significados, os conceitos subsunçores se modificam, um dos objetivos dos questionários seria o de verificar as mudanças conceituais nos subsunçores. Partiu-se da hipótese/premissa que como o conceito de energia é muito geral relativamente a suas definições e seu entendimento significativo, este se constituiria um conceito subsunçor, o conceito assimilador de novos conhecimentos.

Com este intento, portanto, elaborou-se um questionário teórico, com o objetivo de verificar qual a noção que os alunos possuíam sobre a “forma”, ou constituição da energia radiante de corpos aquecidos. Isso se torna importante à medida que o conteúdo vai sendo ensinado, pois a principal mudança conceitual que há nas proposições da Física Clássica é a noção de “forma” da energia, que deixa de ser interpretada como contínua, para ser analisada como “pacotes de energia”, os quanta. As perguntas que estiveram inseridas no questionário podem ser observadas em seguida:

1. *Desenhe como você imagina que seja a transferência de calor entre dois corpos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e sendo absorvida pelo outro, indicando, inclusive, que libera e quem recebe esta energia.*

2. *Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor entre dois corpos.*
3. *Explique o que é calor.*
4. *Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que esta bem próximo a ele. Este corpo terá um aumento de temperatura após alguns segundos.*
 - a. *Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo após o aumento de temperatura.*
 - b. *Qual é a relação entre a radiação absorvida, a vibração das partículas de um corpo, e a temperatura?*
 - c. *Qual é a relação entre energia absorvida e energia emitida pelo corpo?*

Então, este questionário foi aplicado antes das explicações quânticas e depois de concluído o trabalho para que, a partir da comparação das características contidas nessas respostas, pudéssemos inferir se os alunos mudaram suas concepções sobre a constituição da energia após o processo.

Metodologia de análise dos dados

Os dados obtidos foram analisados a fim de construir um panorama da aprendizagem de cada aluno durante todo o processo. Dessa maneira, os dados foram analisados para cada aluno e da seguinte maneira:

Iniciou-se as análises com a avaliação da mudança conceitual dos alunos com relação ao conceito de Energia. Como já detalhado anteriormente, um subsunçor específico pode aumentar sua complexidade quando ancora um novo conhecimento (assimilação obliteradora), e estes questionários deram uma idéia dessa complementação dos subsunçores, que se tornaram mais elaborados depois de conhecerem os novos conceitos.

As hipóteses a serem testadas são as de que, antes de aprenderem os conteúdos de FMC, os alunos devem manifestar em suas respostas características apenas da Física Clássica (transferência de energia contínua ou em forma de raios e explicações como conceito de energia apenas como ondas se propagando). Depois de estudarem os conceitos de quantização e outros apresentados na sequência, que estas respostas mudem, apresentando explicações que contenham os termos estudados tais como pacotes de energia, quantas, quantização e radiação de corpo negro, entre outros.

Esta mudança nos subsunçores é um dos indícios de que uma aprendizagem significativa possa ter acontecido, uma vez que os novos conceitos estão incorporados na estrutura cognitiva dos alunos, sendo possível a ligação entre os conceitos, o que verificou-se por meio de mapas conceituais.

Como se trata da análise da aprendizagem significativa dos conceitos, não se pode considerar parâmetros gerais, ou seja, de maioria das respostas, para afirmar que o grupo de alunos teve aprendizagem significativa. As análises foram individuais, tratando do processo de construção de conceitos de cada aluno.

Para tanto, o processo de aprendizagem de cada aluno foi analisado desde os questionários até as confecções dos mapas finais, sendo possível traçar um perfil da aprendizagem significativa de cada aluno participante.

Para a análise dessas respostas, foram utilizados os preceitos básicos da análise de conteúdo (Bardin, 1977), principalmente por se tratar de uma técnica de análise de textos por meio da desconstrução destes, a fim de descobrir os seus sentidos principais. Segundo a autora, a análise de conteúdo é:

“[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”. Tais procedimentos são criteriosos, com muitos aspectos observáveis, mas que colaboram bastante no desvendar dos conteúdos de seus documentos.” (Bardin, 2002, p.38)

Constitui o material de análise os questionários I e II e as respostas dos alunos para estes. As respostas que apresentavam os mesmos preceitos foram agrupadas em categorias, como descreve Bardin:

[...] uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efectuado em razão dos caracteres comuns desses elementos (BARDIN, 1977, p. 117).

Dentre as orientações deste referencial, está a análise categorial, por meio da construção de grelhas de análise, nas quais serão agrupadas as categorias definidas e as Unidades de Análise (UA) encontradas para cada categoria, afim de construir uma interpretação dos dados a partir do referencial adotado – neste caso, os subsunçores.

Com estas orientações metodológicas, foram criadas duas categorias nas quais as respostas às questões propostas nos dois questionários de cada aluno foram agrupadas, sendo elas:

C1: Respostas que apresentam bases conceituais apenas com conceitos clássicos e/ou explicações para os fenômenos com bases teóricas características da Física Clássica (subsunçores clássicos);

C2: Respostas que apresentam bases conceituais quânticas, ou seja, que se utilizam de conceitos quânticos em suas explicações, tais como quantização, pacotes de energia, energia quantizada, etc. (subsunçores quânticos).

A análise se inicia com as respostas obtidas por meio dos questionários que foram aplicados antes e depois das aulas de FMC. Em seguida analisou-se os mapas conceituais de cada aluno. Aqui será mostrado a análise de apenas um aluno, dos oito que participaram do projeto.

Análise dos dados

Questionário I

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 1 - 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	<p>Um corpo transmite calor, em forma de blocos chamados fótons, o corpo que absorve a radiação aumenta a agitação das partículas e da temperatura.</p> <p>A absorção da radiação faz com que a agitação aumente.</p> <p>Quanto maior a frequência das partículas, mais se aproxima da luz visível.</p>	<p>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.</p> <p>Obliteração do subsunçor.</p>

Quadro 2 - Análise do questionário II do aluno 1

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 subsunçor “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 ai um raciocínio correto do aluno 2 que fez estas relações corretas, 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 externaliza desta forma, ele nos mostra que obteve aprendizagem significativa.

Mapa conceitual

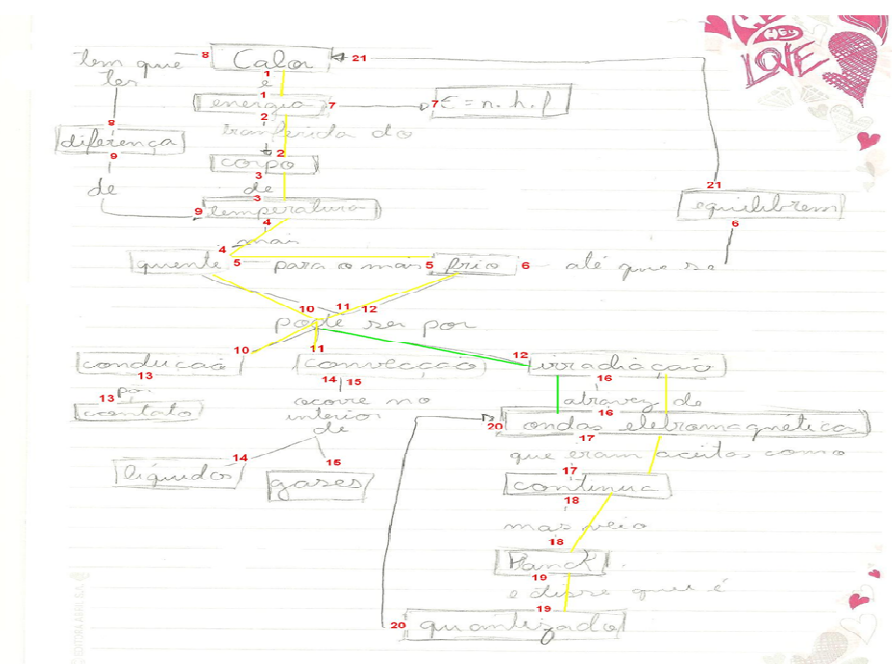


Figura 1 - Análise do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 1

Podemos notar que existiu 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 indício 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 condizente com os pressupostos da teoria de Ausubel, mostrando a possibilidade de ligação de conceitos clássicos a conceitos de FMC a partir de uma aprendizagem significativa.

Conclusão

De acordo com a análise verificada, podemos concluir de uma forma segura que existem possibilidades de inserção de FMC no EM a partir das limitações da FC, e que, principalmente os alunos podem aprender significativamente estes conhecimentos.

A abordagem conferida por esta metodologia nos mostra que é possível gerar um material com potencial significativo levando em consideração a organização dos conceitos que devem ser ensinados aos alunos. Os conceitos que devem ser apresentados são os de maior generalidade, para assim, serem especificados por outros conceitos, como seguimos durante o desenvolvimento das aulas. Os conceitos de energia e calor foram apresentados, inicialmente, para que assim fossemos progressivamente especificando-os ao longo das aulas, com o objetivo de inserção de conceitos de quantização de energia a partir dos limites da FC.

Esta forma de abordagem nos forneceu um material de aula potencialmente significativo, umas das premissas básicas para a aprendizagem significativa. Assim, analisamos as obliterações sofridas pelo subsunçor energia, sendo que investigamos a ideia que os alunos tinham antes das abordagens quânticas e depois. A análise nos mostrou que realmente houve uma obliteração deste conceito subsunçor, isso quer dizer que o conceito de energia se modificou, incorporando novos significados, os de quantização (FMC). Este foi um dos primeiros indícios para inferirmos que houve aprendizagem significativa.

A obliteração do conceito é importante na perspectiva da aprendizagem significativa, pois quando este assimila novos conceitos, estes novos deixam resíduos no

subsunçor, modificam os significados do subsunçor, ou ainda, deixam os subsunçores com mais significados. Quando o indivíduo tem o esquecimento destes conceitos mais específicos, que foram incorporados pelo subsunçor, a lembrança ou a reaprendizagem é facilitada pelos resíduos deixados.

E ainda, outro indício de aprendizagem significativa que obtivemos, foi pela análise dos mapas conceituais que nos mostrou, principalmente, estruturas organizadas de conceitos, ou seja, estruturas hierárquicas e conexões cruzadas entre elas de conceitos assimilados pelos alunos durante as aulas de FMC.

Estas estruturas são modelos idealizados das estruturas cognitivas dos alunos, por isso, se elas nos mostram organização, hierarquia, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, quer dizer que o aluno aprendeu de forma coerente e, principalmente, significativa.

Um fator importante que devemos citar é o de que o aluno, quando aprende significativamente, não externaliza seus conhecimentos de forma literal ao material assimilado e sim, na maioria das vezes, de forma genérica. O que queremos dizer com externalização de forma genérica, é que o aluno nos mostra o conteúdo que aprendeu de forma diferente do original, pois ele atribui seus próprios significados aos conceitos assimilados. Na maioria das vezes, quando analisamos os mapas e os questionários, encontramos estes tipos de externalizações genéricas, proposições não literalizadas em relação ao material apresentado aos alunos; de tal maneira que isto nos fornece mais uma evidência de que realmente ocorreu aprendizagem significativa.

Devemos salientar também que o objetivo deste trabalho não foi o de ensinar para alunos de ensino médio todas as idéias da mecânica quântica ou da FMC, mas sim, tentamos mostrar que por meio dos limites da FC é possível uma inserção de FMC, como a que fizemos. Pode-se pensar em outros conceitos ainda, como por exemplo, a partir dos limites da mecânica clássica pode-se inserir conceitos e idéias do conteúdo de teoria da relatividade, tomando como um desses limites o problema da velocidade de um corpo próxima a velocidade da luz.

Enfim, mostramos como os referenciais nos ajudaram no momento das aplicações das aulas, no momento da preparação das aulas e também para a análise dos dados. Estes puderam nos mostrar que de certa forma é possível a inserção de FMC no EM, quando estes assuntos são inseridos no contexto das limitações dos conceitos clássicos como solução e continuidade do estudo da Física; e que além do mais, pode mudar a concepção que os alunos têm sobre tal ciência, tornando-se um estudo prazeroso, curioso e, principalmente um estudo atual.

Referências

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.

BARDIN, L. Análise de Conteúdo. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro Lisboa: Edições 70, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. PCN+ Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília, 2002

CHALMERS, A. O que é a ciência, afinal? Ed. Brasiliense: São Paulo, 1993.

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.

NOVAK, J.D., GOWIN, B. Aprendiendo a aprender. Ediciones Martínez Roca: Barcelona, 1988.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. Cad.Cat.Ens.Fís., v. 16, n. 3: p. 267-286, dez. 1999.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Revista Investigação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 05, n. 01, mar. 2000. Disponível em <[HTTP://www.if.ufrgs.br/public/ensino](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino)> Acesso em 15/03/2010.

TERRAZZAN, E.A. Perspectivas para a inserção de Física Moderna na Escola Média. 1994, 241 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.