

Investigações em Ensino de Ciências - V18(1), pp. 199-213, 2013  
**UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO  
UTILIZANDO MAPAS CONCEITUAIS<sup>1</sup>**  
**(A proposal of Potentially Meaningful Teaching Unit using concept maps)**

**Thaís Rafaela Hilger** [thais.hilger@ufrgs.br]

**Adriane Griebeler** [agriebeler@gmail.com]

Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Física  
Caixa Postal 15051 – Campus  
91501-970 Porto Alegre - RS

### **Resumo**

Neste trabalho são apresentados resultados preliminares obtidos a partir da implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo em quatro turmas de terceira série do ensino médio de uma escola pública da cidade de Bagé (Rio Grande do Sul). O conteúdo proposto trata de conceitos relacionados à Física Quântica (quantização, incerteza, estado e superposição de estados), apresentado de acordo com a sequência de oito passos das Unidades de Ensino Potencialmente Significativo, visando à aprendizagem significativa desses conceitos. São analisados neste trabalho mapas mentais e mapas conceituais elaborados em duplas, bem como a comparação entre eles. Ainda são apresentados alguns comentários de estudantes sobre seu desenvolvimento na compreensão dos conceitos abordados na proposta. A proposta teve boa receptividade e, apesar de o estudo ainda estar em andamento e fazer parte de uma investigação mais ampla, já fornece indícios de aprendizagem significativa, que é o objetivo de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo.

**Palavras-chave:** unidade de ensino potencialmente significativo; aprendizagem significativa; mapas mentais; mapas conceituais.

### **Abstract**

This paper presents preliminary results from the implementation of a Potentially Meaningful Teaching Unit in four classes of third grade of secondary educational from a public school in the city of Bagé (Rio Grande do Sul). The proposed content deals with concepts related to Quantum Physics (quantization, uncertainty principle, state and superposition of states), presented in accordance with the sequence of eight steps of Potentially Meaningful Teaching Unit, seeking meaningful learning of these concepts. Are analyzed in this work mental maps and concept maps produced in pairs, as well as the comparison between them. Also presented are some comments from students about their development in the understanding of the concepts covered in the proposal. The proposal was a well received and, although the study is still in progress and part of a broader research, already provide evidence of significant learning, which is the goal of a Potentially Meaningful Teaching Unit.

**Keywords:** potentially meaningful teaching unit; meaningful learning; mental maps; conceptual maps.

### **Introdução**

A disciplina de Física no Ensino Médio não tem conseguido acompanhar os avanços científicos e as novidades tecnológicas das últimas décadas. O currículo se apresenta em parte desatualizado e descontextualizado. Neste sentido, busca-se uma tentativa de aproximar os conteúdos de ensino à realidade atual, promovendo assim um maior significado para as aulas.

---

<sup>1</sup> Uma versão preliminar deste trabalho foi apresentada no 2º Simpósio de Ensino de Física e de Matemática, realizado em Santa Maria – RS – em 26 e 27 de abril de 2012.

Os conteúdos de Física, se apresentados de forma tradicional podem causar desmotivação e desinteresse por parte dos alunos, principalmente quando abordados de forma apenas expositiva e monológica, sem a utilização de recursos que possam chamar a atenção e despertar o interesse de uma geração fortemente ligada à tecnologia. Chega-se então ao aspecto que diz respeito aos conteúdos de Física ministrados em sala de aula, onde, apesar das iniciativas de inclusão da Física Moderna e Contemporânea no currículo do Ensino Médio (Silva & Almeida, 2011; Carvalho Neto et al, 2009; Oliveira et al, 2007; Paulo & Moreira, 2004; Ostermann & Moreira, 2000), seu ensino ainda encontra dificuldades e, algumas vezes, sequer ocorre. Consequentemente, são deixados de lado assuntos relevantes para o entendimento e observação do modo de vida das novas gerações.

De acordo com as diretrizes governamentais do Brasil (1999; 2002; 2006), não se trata de incorporar no ensino elementos da ciência contemporânea simplesmente por motivo de sua importância instrumental ou utilitária, e sim, de fazer com que os alunos desenvolvam uma visão de mundo atualizada, compreendendo técnicas e princípios científicos e a implicação que o desenvolvimento científico pode trazer para suas vidas.

O conhecimento é produzido no meio científico erudito e apresenta regras metodológicas e teóricas objetivas e muito rigorosas. Trata-se de um universo restrito, composto por atividades intelectuais e pelas ciências, que produzem o conhecimento em unidades especializadas e hierarquizadas. Este é o chamado universo reificado (Moscovici, 2003, p. 50).

Por outro lado, as relações provenientes do cotidiano e do senso comum formam os chamados universos consensuais (ibid.). O conhecimento produzido neste universo não apresenta regras pré-estabelecidas ou alguma objetividade, ao contrário, utiliza-se de uma lógica própria. A sociedade em geral participa deste universo de forma igualitária e os indivíduos podem expressar-se segundo seus próprios valores: todas as teorias elaboradas para explicar o cotidiano têm igual valor e, quando compartilhadas, regem certos comportamentos habituais.

Entre estes dois universos encontram-se os meios de divulgação, como, por exemplo, internet, cinema, televisão, rádio, etc., que tentam traduzir o conhecimento, proveniente do universo reificado, para a população que integra o universo consensual. Além desses meios há também pessoas que fazem essa transformação da informação, atuando em suas profissões, como é o caso de professores, jornalistas, apresentadores e palestrantes, cientistas amadores, etc.

Devido à enorme quantidade de informações recebidas, os conteúdos científicos recebem cada vez mais atenção e, muitas vezes, dominá-los é sinal de status. Além disso, com certa frequência os assuntos veiculados fazem referência ao universo reificado, e a população naturalmente sente necessidade de posicionar-se a respeito desses temas. Assim, surge na sociedade atual uma nova espécie de senso comum, “permeado pela razão e submetido à autoridade legítima da ciência. Este é um conhecimento de segunda mão que se estende e estabelece constantemente em um novo consenso sobre cada descobrimento e cada teoria” (Moscovici & Hewstone, 1984, p. 685).

Alguns temas curiosos envolvendo a Física vêm sendo repetidamente expostos na mídia, como é o caso das tecnologias e mesmo de conjecturas a respeito do desenvolvimento da humanidade e seu futuro. Assim, alguns termos científicos têm apresentado grande destaque nos meios de comunicação para explicar fenômenos dos mais diferentes tipos, como é o caso da Física Quântica. Essa exposição na mídia faz com que surja o interesse dos estudantes, levando-os a se informar sobre o tema. Mas em diversas ocasiões os conceitos são apresentados erroneamente, ou de modo muito simplificado, adotando significados que não são aceitos pela comunidade de Físicos.

Muitas teorias de aprendizagem se preocupam com a situação cognitiva do aluno, seja esta situação algo que se desenvolve naturalmente ou que necessita de um parceiro, professor ou meio sócio-cultural. No ensino de Física esta preocupação também está presente, principalmente em

identificar qual o conhecimento prévio dos estudantes que pode ser relevante para a aprendizagem dos conteúdos escolares. Assim, esse novo conhecimento pode atuar como subsunçor para a aprendizagem significativa (Ausubel, 2000).

Neste panorama, as informações propagadas pelos meios de divulgação (boas ou não tão boas) podem exercer grande influência na formação do conhecimento prévio. Caso informações inadequadas sejam incorporadas pelo sujeito em sua estrutura cognitiva, pode criar um subsunçor que atue como barreira para a aprendizagem significativa de um conceito como pretendido na comunidade científica. Não se pretende aqui identificar ou classificar este conhecimento prévio, pois nesta proposta não se diferencia representações sociais, concepções alternativas, modelos mentais, teoremas/conceitos-em-ação, scripts, etc., tomando-se como ponto de partida as ideias prévias, sejam quais forem. Apenas acredita-se que os meios de divulgação podem gerar interesse sobre Física Quântica entre os estudantes.

Para atender, pelo menos parcialmente, estas circunstâncias, acredita-se que a inserção de conteúdos de Física Quântica no Ensino Médio se faz necessária frente aos avanços tecnológicos e a propagação de possíveis representações alternativas que podem dificultar seu entendimento. Mas a sua abordagem não pode ser feita da forma tradicional, é um problema que precisa ser abordado de forma atraente e que leve o aluno a se interessar pelas aulas. Acredita-se que aproveitar os temas de interesse dos estudantes talvez seja uma boa forma de conquistá-los à Física ou, pelo menos, desfazer possíveis enganos conceituais incorporados no contato com meios de divulgação. Neste sentido, foi desenvolvida uma estratégia didática de sala de aula, para a terceira série do ensino médio, que aborda conceitos de Física Quântica com o intuito de buscar a aprendizagem significativa. Esta estratégia é uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo (Moreira, 2011), baseada nos princípios de diferentes teorias de aprendizagem que se complementam.

À época da realização desta pesquisa, ainda não havia publicações de resultados com a utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativo, ou apenas UEPS (ibid.), uma vez que se trata de um referencial recente. Assim, optou-se por esta estratégia pela sua inovação e também pela adequação à proposta: há um referencial teórico que a baseia, mas que, ao mesmo tempo, deixa o professor livre para selecionar atividades apropriadas à turma e ao conteúdo a ser abordado. A proposta elaborada segue, então, os oito passos sugeridos nas UEPS, onde, num primeiro momento é feito o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos e, em seguida, é apresentado o conteúdo de uma forma mais geral e a partir daí cada assunto é abordado de forma mais específica, visando à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa (Ausubel, 2000).

## **Referencial teórico**

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativo (Moreira, 2011), ou apenas UEPS, tomam por base um conjunto de teorias de aprendizagem que, juntas, promovem o ensino em aprendizagem significativa (Ausubel, 1968; 2000). Moreira (2011) aponta os princípios norteadores na construção das UEPS e são destacados no Quadro 01 alguns que foram relevantes para a estratégia apresentada neste artigo, porém os que não guiaram a proposta não serão relacionados aqui, como o caso do uso do computador como mediador de situações-problema.

As UEPS são compostas por etapas que, na sequência em que são propostas, buscam promover a aprendizagem significativa. São oito os passos que servem como guia para elaboração dessas Unidades e cabe ao professor buscar a melhor forma de segui-los e adaptá-los a sua realidade escolar.

O conhecimento prévio, ou subsunçor, é a variável isolada que mais influencia a aprendizagem significativa;
São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos;
Organizadores prévios apontam para como é possível relacionar novos conhecimentos aos subsunçores;
Situações-problema também podem funcionar como organizadores prévios;
As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;
A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser consideradas na organização do ensino, na proposição de situações-problema e na avaliação;
A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências;
O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno;
Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino;
A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica;
A aprendizagem crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés de memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais e pelo abandono de narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.

Em primeiro lugar, é preciso definir o tópico a ser trabalhado e identificar quais os aspectos, declarativos e procedimentais, que serão necessários para abordar o tema escolhido e como serão relacionados.

Em seguida, deve-se pensar nas situações que podem levar o aluno a externalizar seu conhecimento prévio supostamente relevante, seja ele aceito ou não no contexto do conteúdo de ensino. Podem ser utilizados questionários, mapas mentais (Buzan & Buzan, 1994; Ontoria et al, 2004), discussões, etc.

Num terceiro momento ocorre a preparação para o conteúdo, por meio de situações-problema e sempre considerando o conhecimento prévio exposto no passo anterior. Deve-se preparar os estudantes para o conhecimento (declarativo ou procedimental) que virá a seguir. Portanto as situações-problema apresentadas, ainda que introdutórias, devem envolver, desde já, o tópico a ser ensinado. Estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, isto é, não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo. É necessário que seja desta forma, pois são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos e para isso o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente. É através da percepção e da identificação dos conhecimentos prévios que serão elaborados os primeiros modelos mentais sobre o conteúdo.

Uma vez trabalhadas as situações iniciais, o conhecimento a ser ensinado/aprendido será apresentado, levando em conta a diferenciação progressiva, isto é, começando com aspectos mais gerais e inclusivos, proporcionando uma visão inicial do todo e do que é mais importante na

unidade de ensino, mas logo exemplificando e abordando aspectos específicos. Neste momento a estratégia adotada pode ser, por exemplo, uma breve exposição seguida por atividade colaborativa em pequenos grupos e, em seguida, uma atividade de apresentação ou discussão em grande grupo. A abordagem escolhida não é o foco deste momento, mas sim a forma como é conduzida: a diferenciação progressiva deve guiar a estratégia.

Dando continuidade ao processo de ensino, é preciso retomar os aspectos mais gerais e estruturantes do conteúdo em uma nova apresentação com nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação. As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade e pode-se utilizar uma breve exposição oral, um recurso computacional, etc., neste momento. Ainda podem-se dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, e assim, promover a reconciliação integradora. Ao final desta segunda apresentação, propor outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, necessariamente negociando significados com a mediação do professor. Esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual (Novak, 1977; 1980), um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc.

Para concluir o conteúdo, deve-se dar continuidade ao processo de diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes, porém numa perspectiva incorporativa, buscando a reconciliação integradora. Isto deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser uma breve exposição oral, leitura de um texto, recurso computacional, audiovisual, etc.. Após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em nível mais alto de complexidade em relação às situações anteriores. Essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do professor.

Durante toda a implementação da UEPS deverá ocorrer a avaliação tanto da proposta quanto do desempenho dos estudantes, através de anotações de tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo. Também é preciso realizar uma avaliação somativa, antes da terceira apresentação do conteúdo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência. A avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (registros do professor) como na avaliação somativa. É muito importante que as questões/situações propostas na avaliação somativa sejam validadas por professores experientes na área.

A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. Como a aprendizagem significativa e o domínio de um campo de conhecimentos são progressivos, o foco do trabalho é no progresso do estudante ao longo do processo e não em seus resultados finais.

A proposta aqui apresentada segue os passos acima descritos. Assim, o conteúdo foi cuidadosamente selecionado e organizado, de modo que o material elaborado sobre a Física Quântica fosse potencialmente significativo, ou seja, apresentasse significado lógico (estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, etc.) e estivesse ligado às necessidades da terceira série do Ensino Médio.

Num primeiro momento foi feito o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, em seguida foi apresentado o conteúdo de uma forma generalizada e, a partir daí, cada conceito-chave foi abordado de forma específica e detalhada, visando a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora (Ausubel, 2000). Os conceitos abordados nesta UEPS foram quantização, incerteza, estado e superposição de estados, que são considerados cruciais para o entendimento da Física Quântica.

## Metodologia

Após a elaboração da UEPS, a implementação das atividades em sala de aula ocorreu em quatro turmas de 3ª série do Ensino Médio da E. E. E. M. Carlos Antonio Kluwe, em Bagé – RS – Brasil, durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 2011.

As quatro turmas foram divididas em dois grupos de duas turmas cada, com o objetivo de melhor avaliar a eficácia da proposta, além de possibilitar modificações na proposta original quando fosse preciso. Assim, o primeiro grupo iniciou as atividades em 10 de outubro de 2011, contando com 18 aulas, e o segundo grupo, em 31 de outubro, totalizando 15 aulas. Para facilitar a análise dos resultados, estes grupos serão denominados fase 1 e fase 2, respectivamente.

Os conceitos – quantização, incerteza, estado e superposição de estados – foram abordados de forma conceitual e de acordo com a interpretação de Copenhague. Assim, a intenção foi valorizar a interpretação dos fenômenos e as equações mais simples, deixando de abordar as complexidades matemáticas mais avançadas, uma vez que a implementação se deu em turmas de Ensino Médio.

Como a aprendizagem significativa e o domínio de um campo de conhecimentos são progressivos, o foco do trabalho é na evolução do estudante ao longo do processo. Por isso, foram propostas questões e situações, que buscassem verificar a compreensão e a assimilação de significados pelos alunos, durante toda a implementação da UEPS.

Parte da avaliação dos estudantes deu-se ao longo do processo, ponderando sobre as anotações da contribuição dos alunos, com ênfase em evidências de aprendizagem significativa dos conteúdos propostos. Além disso, foram propostas questões e situações que buscassem verificar a compreensão e a assimilação de significados pelos alunos.

Segundo Ausubel (1968; 2000) a variável isolada que mais influencia a aprendizagem de um novo conteúdo é o conhecimento prévio, ou subsunçor, onde serão ancorados os novos conhecimentos. Um subsunçor pode ser composto por representações, esquemas, modelos, construtos pessoais, concepções alternativas, invariantes operatórios, enfim, cognições já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e que estejam disponíveis para serem relacionados ao conteúdo a ser aprendido.

Então, inicialmente foram investigados os conhecimentos prévios dos estudantes utilizando mapas mentais (Buzan & Buzan, 1994; Ontoria et al, 2004) e questionamentos sobre suas ideias a respeito da Física Quântica, respondidos oralmente pela classe como um todo. O mapa mental evidencia associações completamente livres, apresentando ideias-chave interligadas e com ramificações, formando uma rede estruturada com nós e conexões, sendo especialmente adequadas para identificar subsunçores.

Em seguida a proposta de UEPS foi elaborada, respeitando os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, que tratam especificamente da abordagem programática do conteúdo. A diferenciação progressiva prediz que ideias ou conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados logo no início e progressivamente ser diferenciados, ao longo do processo de ensino, em termos de detalhes e especificidades. Já a reconciliação integradora prevê que o ensino deve explorar relações entre ideias e conceitos, apontando diferenças e semelhanças relevantes, reorganizando o conhecimento e sanando dúvidas.

Deste modo, os conceitos foram abordados simultaneamente, sendo apresentados inicialmente em nível máximo de generalidade, sendo então reapresentados em níveis de especificidade cada vez maiores e sempre relacionados ao que já havia sido tratado. Assim,

promoveu-se a diferenciação progressiva, partindo do geral ao específico, e a reconciliação integrativa, retomando os conhecimentos gerais a partir de ideias específicas.

O conhecimento novo, gerado pela interação entre os subsunçores e as informações apresentadas, é naturalmente diferente destes últimos, e foi apresentado pelos estudantes na construção de seus mapas conceituais (Novak, 1977; 1980) e de um conjunto de atividades previstas na UEPS. Mapa conceitual é um diagrama hierárquico de conceitos e relações entre conceitos, onde se percebe que alguns são mais relevantes, mais abrangentes, mais estruturantes, do que outros. As associações estão diretamente relacionadas ao contexto da matéria de ensino, diferente dos mapas mentais, nos quais as associações são sempre livres. No mapa conceitual as relações entre os conceitos são indicadas por linhas que os unem e sobre essas linhas colocam-se proposições que ajudam a explicitar a natureza da relação, procurando refletir a estrutura conceitual do conteúdo que está sendo diagramado.

Os estudantes não foram orientados sobre quais os conceitos que deveriam utilizar, apenas foi dito que, de acordo com as regras sobre a construção de mapas conceituais, relacionassem seu conhecimento sobre a Física Quântica.

O uso de mapas mentais permite ao sujeito expressar-se livremente e, portanto, influências externas na formação dos subsunçores, como por exemplo, questões divulgadas na mídia ou contribuições de outras séries ou conteúdos escolares, poderiam emergir. Por outro lado, em mapas conceituais essas características são suprimidas, devido à própria estrutura dos mapas, que reflete a captação de significados referentes ao conteúdo específico tratado. Assim, espera-se que as influências externas sobre a Física Quântica não sejam incorporadas nos mapas conceituais.

Para melhor organizar os conhecimentos, foi solicitado que os alunos produzissem algum material em cada um dos passos da UEPS como produto da aprendizagem para que eles se sentissem mais uma vez desafiados a participar do processo de ensino-aprendizagem. Ao todo foram seis as tarefas realizadas pelos alunos: o mapa mental, os questionamentos iniciais, o trabalho de livre escola após o primeiro texto, o mapa conceitual, a avaliação individual e o jornal da turma. As tarefas realizadas pelos alunos são esclarecidas na Tabela 01 e estão relacionadas aos passos propostos na UEPS.

Tabela 01 - atividades realizadas pelos alunos de acordo com os passos da proposta.

Passo	Objetivo de cada passo	Atividade realizada pelos alunos
1	Definição do tema.	-
2	Exteriorizar os subsunçores.	Elaboração de mapas mentais em duplas. Discussão de algumas questões norteadoras propostas pelo professor, pelo grande grupo (toda a classe).
3	Aguçar a curiosidade dos alunos e relacionar os conhecimentos com auxílio de organizadores prévios em nível introdutório.	Leitura do artigo <i>Física Quântica para Todos</i> (parcialmente adaptado de Nunes, 2007). Discussão sobre o texto em pequenos grupos. Confecção de um trabalho, de livre escolha, em grupos.
4	Apresentação dos conceitos, relacionando-os aos exemplos e discussões anteriores.	Assistir o documentário <i>Tudo sobre Incerteza – Mecânica Quântica</i> (Discovery, 2007). Construção de mapas conceituais, pelas mesmas duplas do passo 2.
5	Retomar o conteúdo, utilizando a comparação dos mapas realizados	Comparação qualitativa entre os mapas mentais e os mapas conceituais, em duplas, segundo a

	no passo 2 com os obtidos no passo 4 para abordar ideias (principalmente as relacionadas à quântica alternativa) que foram abandonadas e observar o que foi acrescentado.	participação nos passos anteriores. Relato oral e escrito deste momento.
6	Encerramento do conteúdo, com a apresentação dos conceitos em nível máximo de complexidade, de acordo com o nível escolar.	Discussão no grande grupo sobre a abordagem utilizada em desenhos e charges sobre os conceitos de Física Quântica. Confecção de um pequeno jornal da turma, no grande grupo. São utilizados diferentes recursos, como pequenos artigos, charges, quadrinhos ou figuras sobre os assuntos abordados. Os recursos são de escolha da turma.
7	Avaliação somativa. Avaliação formativa. O desempenho dos estudantes é avaliado pelo professor e está baseado, de forma igualitária, nas duas avaliações.	Avaliação somativa individual, realizada em sala de aula, através de questões abertas envolvendo os conceitos-foco da unidade. Avaliação formativa, de acordo com as atividades desenvolvidas pelos estudantes e as anotações do professor ao longo da UEPS.
8	Avaliação da própria UEPS. Comentários finais integradores sobre o assunto abordado.	Análise oral da proposta como um todo, incluindo o desempenho dos estudantes nas avaliações e atividades realizadas, as estratégias de ensino utilizadas e seu próprio aprendizado.

São apresentados a seguir alguns resultados relacionados à análise dos mapas mentais, realizadas no passo 2, e conceituais, elaborados no passo 4, sendo discutidas as modificações ocorridas ao longo do processo, bem como a evolução na compreensão dos conceitos e nas relações entre eles. São relacionados também aspectos levantados na comparação dos estudantes sobre seu desenvolvimento nessas atividades, realizada no passo 5. Este trabalho integra uma pesquisa mais ampla, cujos resultados e implicações serão publicados em vários outros artigos, porém, o material apresentado aqui já pode servir como indício da ocorrência ou não de aprendizagem significativa.

## Resultados parciais

A partir das anotações do professor durante a implementação da UEPS em sala de aula, são apresentados resultados iniciais sobre indicadores de aprendizagem significativa presentes nos mapas elaborados pelos estudantes. Também foram observados os comentários feitos por estes a respeito da atividade, bem como a presença/ausência/modificação de algumas ideias ao comparar os mapas mentais, realizados no início da intervenção, e os mapas conceituais, realizados após apresentação do conteúdo de Física Quântica. Essas relações foram analisadas qualitativamente.

São discutidos a seguir os mapas de três duplas de estudantes. As duas primeiras Figuras correspondem à dupla A, as Figuras 03 e 04 pertencem à dupla B, e os últimos dois mapas são referentes à dupla C.

Na Figura 01 é apresentado o mapa mental elaborado pela dupla B, cujas associações são essencialmente com partículas atômicas (prótons, elétrons, etc.) e conceitos vistos em momentos anteriores nas disciplinas de Física e Química (ondas eletromagnéticas, números quânticos). Não são observadas ligações entre os conceitos, apenas ligações de primeiro grau, diretamente com a

Física Quântica, sempre sem uso de conectores. A simbolização adotada pela dupla para os conceitos é em forma de nuvem, que pode ser relacionada ao pensamento, pois se trata de uma criação livre.

O mapa conceitual elaborado pela dupla, correspondente a Figura 02, contempla praticamente todos os conceitos abordados no decorrer da UEPS. O conhecimento aparentemente se encontra de maneira organizada, o que é evidenciado pelas ligações entre conceitos e pelos conectivos. Observa-se ainda a formação de pequenas árvores com os conceitos diretamente relacionados entre si. Mesmo não apresentando todos os conectivos, as ligações estão de acordo com a Física Quântica. Dos treze conceitos utilizados na elaboração do mapa, doze estão diretamente relacionados à teoria quântica e, além disso, a associação com partículas foi mantida, porém recebeu nova abordagem. A dupla mostra bom entendimento do conteúdo, o que serve como indício da ocorrência de aprendizagem significativa dos conceitos expressados.

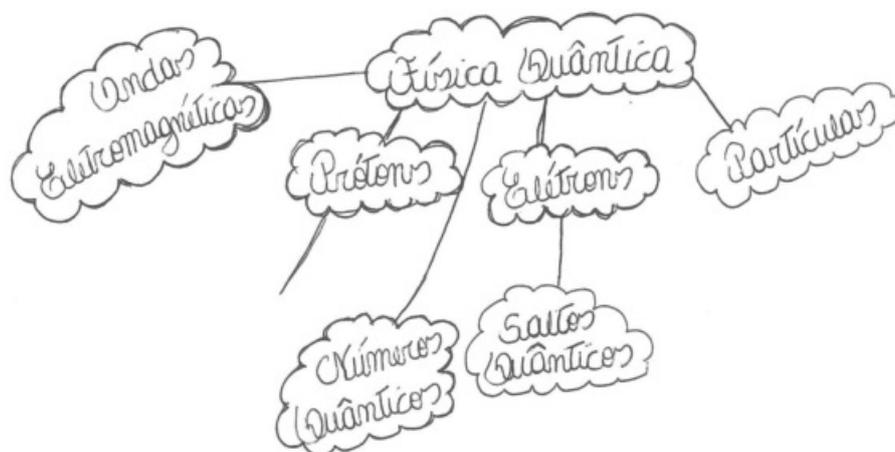


Figura 01 - Mapa mental elaborado pela dupla A.

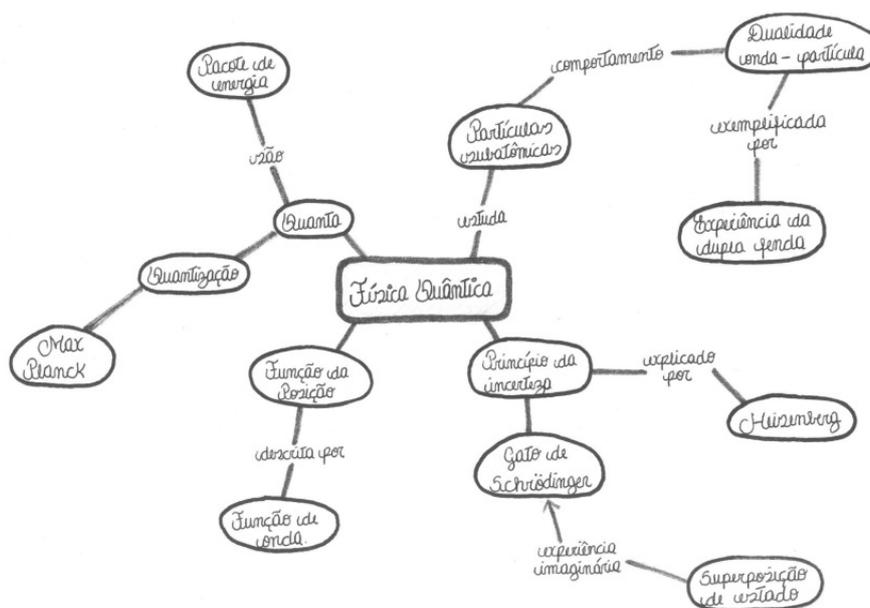


Figura 02 - Mapa conceitual elaborado pela dupla A.

Na Figura 03 tem-se o mapa mental da dupla B. Aqui as ideias relacionadas ao conteúdo anterior de Física e Química (magnetismo, eletricidade, energia mecânica, células) aparecem dispersas. Além dessas, também não há ligações entre outras ideias relacionadas, como no caso de átomo – molécula – prótons, elétrons e nêutrons, sendo estes últimos apresentados numa única caixa. Nenhuma das associações apresenta conectores, mas a presença de ligações secundárias pode ser indício de uma hierarquia de conceitos.

Já o mapa conceitual, presente na Figura 04, apresenta alguns conceitos abordados em aula, como função de onda e superposição de estados, e ainda conceitos que fazem parte de estudos adicionais realizados em função do grande interesse demonstrado pelo assunto. Interesse este que levou uma das alunas a fazer pesquisas na internet e até fazer sugestões de vídeos que também poderiam ser utilizados em sala de aula. Também se podem perceber a presença de hierarquia entre quase todas as ideias, porém os conectivos não são presentes em todas as ligações. No entanto o mapa apresenta algumas frases, por exemplo, “Princípio de Heisenberg mostra que concepções clássicas a respeito da medida devem ser abandonadas”. A presença do termo espiritualidade provavelmente está presente devido a conversas realizadas nas aulas e, espera-se que ao final do conteúdo essa questão seja esclarecida, não mais sendo relacionado à Física Quântica.



Figura 03 - Mapa mental elaborado pela dupla B.

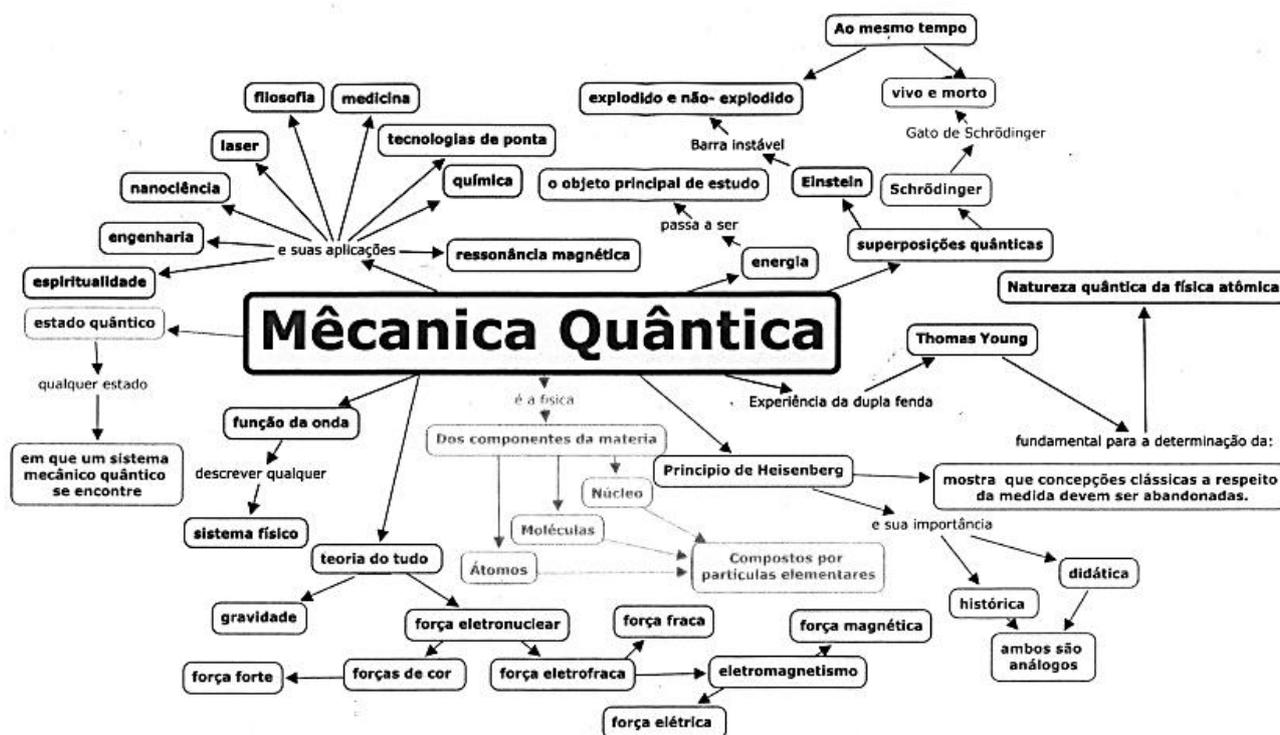


Figura 04 - Mapa conceitual elaborado pela dupla B.

De acordo com a Figura 05, com os mapas mentais da dupla C, os alunos realizaram associações livres, sem elementos de ligação e possivelmente sem saber de que forma cada termo se ligava a Física Quântica, evidenciado pela presença termos soltos como “variedade” e “universo”. Há também uma hierarquia clara para magnetismo e ímã e também entre números e fórmulas, mas estes conceitos como outros presentes no mapa não se ligam diretamente à Física Quântica, mas ao eletromagnetismo (eletricidade, polaridade) e a abordagem tradicional dos conteúdos de Física (quantidade, teorias).

O mapa conceitual da Figura 06 apresenta alguns conceitos mais de uma vez (elétron, próton, átomo) enquanto o conceito de quantum, considerado importante para a Física Quântica, aparece apenas como conector. Há ainda a presença da frase “quantização é um procedimento matemático para construir um modelo quântico para um sistema físico”, e de exemplos de aplicações como a “construção de computadores mais rápidos” e complementos da teoria como a modernidade e suas ramificações. Além disso, os conceitos não estão claros para a dupla, pois basicamente o conteúdo visto em sala de aula aparece ligado ao conceito central pelo conectivo subdivisões, que não corresponde à relação cientificamente aceita entre tais conceitos. Relações consideradas externas à teoria quântica são representadas no mapa conceitual pelos termos espiritualidade e consciência e, como no caso da dupla B, espera-se que desapareçam até o final das aulas. Embora algumas relações entre conceitos já apareçam de forma clara, esta dupla precisa esclarecer outros. Pode-se adiantar que a aprendizagem está em evolução, mas ainda não se tornou efetiva.



Figura 05 - Mapa mental elaborado pela dupla C.

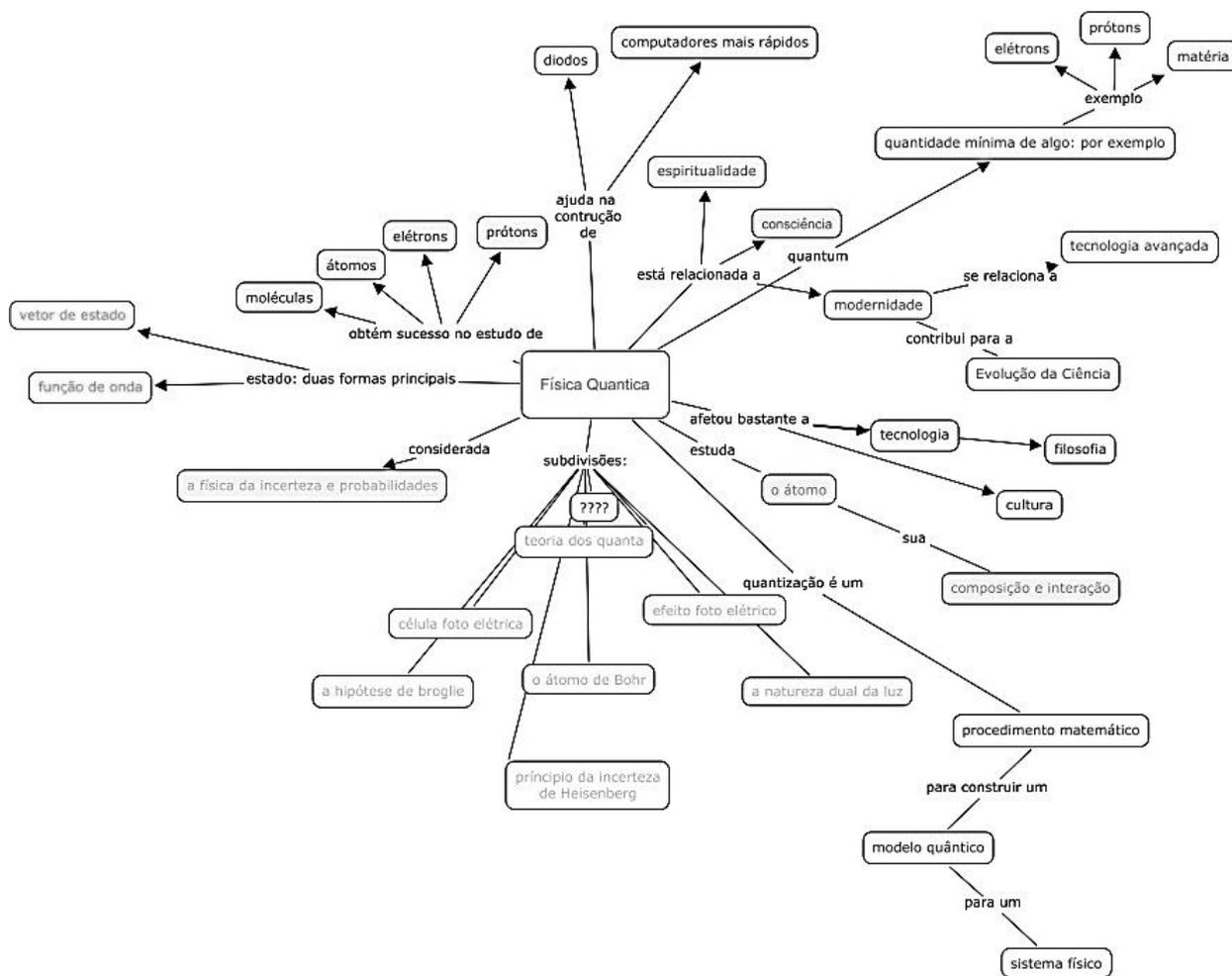


Figura 06 - Mapa conceitual elaborado pela dupla C.

Em todas as duplas do estudo observou-se evolução semelhante à apresentada aqui, sendo, portanto, os mapas aqui apresentados representativos das turmas. Conforme as observações acima, alguns indícios de aprendizagem significativa foram encontrados, uma vez que nos mapas mentais têm-se basicamente associações sobre o conteúdo clássico escolar e ao relacionamento dos estudantes com a disciplina de Física e nos mapas conceituais os estudantes expuseram conceitos/relações cientificamente aceitas no domínio da Física Quântica, de acordo com a compreensão esperada para o Ensino Médio.

Apesar da assimilação dos conceitos apresentadas em classe, algumas questões precisam ser discutidas novamente. De acordo com o planejamento da UEPS, novas abordagens do conteúdo são previstas após a elaboração dos mapas conceituais, contribuindo nesse sentido.

A evolução do conhecimento dos alunos, de acordo com a análise dos mapas pelo professor, é bastante evidente, mesmo assim solicitou-se aos estudantes que refletissem sobre seus próprios trabalhos. Esses comentários são apresentados no quadro 02 e confirmam as observações do professor.

Quadro 02 - reflexão das duplas na comparação entre seus mapas livre e conceitual.

Dupla	Depoimento
Dupla A fase 1	<i>“No primeiro mapa nós nem tínhamos noção do que estávamos escrevendo, colocamos termos irrelevantes. No segundo mapa nós sabíamos os conceitos e que ligações fazer, pois o nosso conhecimento estava muito mais ampliado.”</i>
Dupla B fase 2	<i>“Ao decorrer do bimestre que foi utilizado para aprendermos um pouco mais sobre a física quântica, passamos por várias fases. Primeiramente sofremos um grande impacto até porque essa nova física era algo totalmente novo para nós, visto que, nunca tínhamos tido algum contato com o conteúdo em si. Logo após vieram as dúvidas seguidas de mais dúvidas, então resolvemos pesquisar e encontramos “um mundo” de infinitas possibilidades.”</i>
Dupla C fase 1	<i>“Comparando os mapas, percebemos uma grande evolução do primeiro para o segundo. Além do programa indicado para fazer o trabalho, ver exemplos de mapas foi muito importante. As aulas na multimeios também foi outra constante importante. Mas há muito o que melhorar ainda, mas a evolução foi visível. Antes não possuíamos uma opinião concreta sobre o assunto que era desconhecido e escrevemos palavras que poderiam possuir qualquer ligação e não tinha o conhecimento da maneira de criar um mapa conceitual.”</i>

A ausência de subsunçores adequados disponíveis no início da UEPS e a tentativa de relações com os conteúdos escolares, evidenciado nos mapas mentais, aponta para a falta de conhecimento específico sobre a Física Quântica. Talvez por este motivo, os estudantes se surpreenderam com a melhora dos conceitos relacionados no mapa conceitual. A frase mais ouvida na atividade de comparação de mapas foi que no primeiro as palavras foram colocadas sem real conexão com a Física Quântica, já no mapa conceitual a relação entre os conceitos utilizados estava clara.

### Considerações finais

Desde o início da implementação foi possível observar a receptividade dos alunos. Alguns comentários nos fazem acreditar na possibilidade de se tratar de temas não triviais da Física, esta

ciência tratada com parcimônia devido a sua dificuldade inerente, de modo criativo e em parceria com os estudantes.

Apesar da utilização de atividades diferentes do habitual, o mais importante talvez seja ressaltar a forma como a avaliação foi conduzida. A comparação entre o que se sabe antes e depois sobre os conteúdos vistos tradicionalmente dificilmente é feita. Normalmente ocorre apenas a avaliação final, deixando o aluno com um sentimento de frustração por não ter alcançado o desempenho desejado ou necessário para a aprovação. Com a UEPS o desempenho dos estudantes não fica restrito a uma prova final e os alunos podem avaliar sua própria aprendizagem ao longo do período, aumentando sua confiança e possibilitando a eles que procurem outras fontes sobre o assunto, troquem informações e questionem o professor.

Apesar da análise de todas as atividades realizadas pelos estudantes na UEPS ainda não ter sido concluída, já é possível antecipar algumas evidências de aprendizagem significativa ao comparar mapas mentais – realizados no início da intervenção, como forma de detectar subsunçores – com mapas conceituais – indicadores da evolução dos conhecimentos sobre Física Quântica –, explorando as relações entre conceitos cientificamente aceitos. A utilização dos mapas mostrou-se um bom recurso para observação da evolução do conhecimento, auxiliando tanto professor quanto os próprios alunos, na identificação de relações que foram assimiladas e suas falhas de compreensão, facilitando a retomada de conceitos, que ainda não foram totalmente esclarecidos, nas fases seguintes do conteúdo.

Para completar a análise, ainda é preciso verificar os dados referentes às demais atividades realizadas pelos estudantes, nas quais se espera obter indícios mais consistentes de aprendizagem significativa. A abordagem da Física Quântica no Ensino Médio mostrou-se viável e trouxe bons resultados e a utilização da UEPS como proposta metodológica apresenta caráter inovador, uma vez que é um enfoque muito recente.

Mais que um instrumento para promover a aprendizagem significativa, o uso de UEPS, bem como de recursos como mapas mentais e conceituais, pode ser uma opção interessante para a atualização curricular e inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Os resultados são encorajadores e reforçam a hipótese de novas implementações e também da elaboração de UEPS sobre diferentes conteúdos e para diferentes níveis escolares.

## Referências

Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology – a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. 685p.

Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 212p.

Brasil. (1999). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza e Matemática. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria da Educação Média e Tecnologia.

Brasil. (2002). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria da Educação Média e Tecnologia.

Brasil. (2006). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria da Educação Média e Tecnologia.

Buzan, T. & Buzan, B. (1994). *The mind map book*. New York, NY: Dutton Books. 320p.

Carvalho Neto, R. A.; Freire Júnior, O.; Silva, J. L. P. B. (2009). Improving students' meaningful learning on the predictive nature of quantum mechanics. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(1), 65-81.

Discovery. (2007). *Documentário Tudo sobre Incerteza – Mecânica Quântica*. Partes 1 a 6. Acesso em 08 mar., 2012, Parte 1: <http://www.youtube.com/watch?v=O1dHym14W5Q&NR=1>.

Moreira, M. A. (2011). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review*, 1(2), 43-63.

Moscovici, S.; Hewstone, M. (1986). *De la ciencia al sentido común*. In: Moscovici, S. (ed). *Psicología Social, II*. Barcelona: Paidós.

Moscovici, S. (2003). *Representações sociais: investigações em psicologia social*. Petrópolis: Editora Vozes.

Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 295p.

Novak, J.D. (1980). *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira. Tradução de M. A. Moreira do original *A theory of education*.

Nunes, A. L. (2007). Física Quântica para Todos. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XVII, 2007, São Luis. Anais eletrônicos. São Paulo: SBF. Acesso em 08 mar., 2012, <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0071-1.pdf>.

Oliveira, F. F.; Vianna, D. M.; Gerbassi, R. S. (2007). Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(3), 447-454.

Ontoria, A., De Luque, A. & Gómez, J.P.R. (2004). *Aprender com mapas mentais*. São Paulo: Madras. 168p.

Ostermann, F. E.; Moreira, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(1), 23-48.

Paulo, I. J. C.; Moreira, M. A. (2004). Abordando Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Nível Médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(2), 63-73.

Silva, A. C.; Almeida, M. J. P. M. (2011) Física Quântica no Ensino Médio: o que dizem as pesquisas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(3), 624-652.

Recebido em: 03.05.12

Aceito em: 03.12.13