

Pesquisa em Ensino de Física

A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica

*(The use of conceptual diagrams in the physics education in high school:
a study in wave mechanics, acoustics and optics contents)*

Renata Lacerda Caldas Martins¹, Maria de Fátima da Silva Verdeaux²
e Célia Maria Soares Gomes de Sousa²

¹Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Instituto de Física, Universidade de Brasília, Distrito Federal, DF, Brasil

Recebido em 17/8/2007; Revisado em 24/11/2008; Aceito em 10/3/2009; Publicado em 16/9/2009

Neste artigo tratamos de um estudo realizado com o objetivo de utilizar diagramas conceituais no ensino da física, incorporados às aulas expositivas e demonstrativas, visando promover a aprendizagem significativa de conteúdos de ondulatória, acústica e óptica em nível de ensino médio. Foram elaborados “Diagramas de Referência”, embasados na estratégia dos mapas conceituais propostos por Joseph Novak. Participaram do estudo duas turmas com vinte e cinco alunos cada, uma submetida às atividades com mapas conceituais, outra submetida às atividades tradicionais tais como: resenhas, resolução de problemas e exercícios formais em física. A análise qualitativa dos diagramas elaborados pelos alunos possibilitou identificar deficiências conceituais e também verificar que os diagramas conceituais elaborados pelos alunos no final do semestre foram superiores em relação aos primeiros diagramas no sentido de que evidenciaram maior facilidade dos alunos em expor organizada suas idéias, elaborar proposições e conclusões. Um questionário de opinião mostrou que os alunos aprovaram a utilização desse recurso didático.

Palavras-chave: diagramas conceituais, aprendizagem significativa, ensino de física.

In this article we report a study whose objective was to use conceptual diagrams, together with expositive and demonstrative lessons, aiming to promote significant learning of physics of waves, acoustics and optics at the high school level. “Reference Diagrams”, based on Joseph Novak’s strategy of conceptual maps, were elaborated. Two groups, each one with twenty-five pupils participated of the study. One group developed the activities with conceptual maps and the other one followed traditional activities such as thumbnails, resolution of problems and exercises in physics. The qualitative analysis of student diagrams elaborated showed conceptual deficiencies and demonstrated that, at the end of the semester, the new conceptual diagrams elaborated have higher level compared to the first ones in the sense that the students were able to present clearly their ideas, elaborate propositions and reach conclusions. An personal survey showed that students approved the use of this didactic resource.

Keywords: conceptual diagrams, significant learning, physics education.

1. Introdução

A busca por caminhos que apontem resultados satisfatórios no processo de ensino-aprendizagem tem demonstrado que o “fracasso” na aprendizagem é uma forma de evidenciar que os métodos, as estratégias, os recursos, e outros aspectos do ensino não têm sido eficazes para promover uma aprendizagem significativa. Ausubel afirma que a aprendizagem é a medida que o professor tem para avaliar se o método de ensino empregado foi eficaz:

A facilitação da aprendizagem é a própria finalidade do ensino. O ato de ensinar não se encerra em si mesmo, pois a finalidade do ensino é o aprendizado por parte do aluno; muito embora o insucesso na aprendizagem dos alunos não indique necessariamente a competência do professor, o produto da aprendizagem é ainda a única medida possível para se avaliar o mérito do ensino [1].

¹E-mail: rcaldas@unb.br.

Por outro lado, muitos professores têm se frustrado ao introduzir novas estratégias de ensino, porque não se dão conta da extensão e das peculiaridades da “bagagem conceitual” que seus alunos trazem para dentro de sala de aula. As estratégias de ensino tornam-se, então, improdutivas porque não consideram e não confrontam a concepção “incorreta” que na maioria das vezes o aluno tem no momento da aprendizagem. Pelo contrário, às vezes vem reforçá-la.

Estratégias instrucionais são definidas como ações planejadas pelo professor para desenvolver o processo de instrução e possibilitar a mudança de comportamento do aluno em função dos objetivos a serem alcançados. Elas se referem ao *como* e o *quê* o professor utiliza para ensinar. Torre e Barrios [2] salientam a importância de se valorizar as estratégias de ensino no processo de aprendizagem, ressaltando que existem estratégias para cada situação específica.

No que diz respeito à organização conceitual de um corpo de conteúdos, acreditamos que a estratégia de utilização de mapas conceituais como instrumentos de ensino e/ou aprendizagem facilitará a aprendizagem das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas, pois têm a função de mostrar relações hierárquicas entre conceitos e derivam sua existência da própria estrutura conceitual da disciplina em estudo [3].

Fundamentado nas propostas de Novak [4], o uso da estratégia de mapas conceituais como instrumentos de ensino e de aprendizagem busca reproduzir, por meio da sua elaboração, o conhecimento existente na estrutura cognitiva do aluno. Ao ser elaborado, o mapa conceitual facilita o processo de organização e estruturação das idéias ou conceitos do material de ensino [5].

Novak e Gowin [5] sugerem estratégias para a introdução dos mapas conceituais que abrangem desde o nível fundamental até o universitário e consideram fundamental trabalhar com atividades prévias que auxiliem os alunos para as atividades de elaboração dos mapas conceituais.

Desde as primeiras pesquisas realizadas sobre esse tema como, por exemplo, as de Guerra [6], Gobara e Moreira [7], Moreira [8], López Ruperez [9], são relatadas as dificuldades e a necessidade da realização do levantamento inicial das concepções prévias dos alunos. Moreira [10] destaca que, ao utilizar os mapas como instrumento didático, e apesar deles poderem ser empregados para dar uma visão geral prévia do que vai ser estudado, eles devem ser usados preferencialmente quando o aluno já tem uma certa noção do assunto pois, afinal, segundo Ausubel, o fator mais importante para a ocorrência da aprendizagem significativa é aquilo que o aluno já sabe, o seu conhecimento prévio.

Neste trabalho, considerando o contexto e as condições nas quais o estudo foi desenvolvido, a estratégia instrucional utilizada tratou de diagramas conceituais construídos tomando como base a proposta dos mapas conceituais e diferindo destes em algumas caracte-

terísticas, tal como elucidaremos quando explicitarmos a idéia dos diagramas conceituais.

1.1. Os mapas conceituais

Segundo Moreira [10], “mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual da disciplina”.

Os mapas conceituais podem ser traçados para toda uma disciplina, para uma sub-disciplina, para um tópico específico de uma disciplina e assim por diante. Eles podem ser traçados de várias maneiras, pois existem diferentes modos de representar uma hierarquia conceitual em um diagrama. Além disso, o ponto importante é que o mapa conceitual deve ser sempre visto como “um mapa conceitual”, não como “o mapa conceitual” de um determinado conjunto de conceitos; qualquer mapa conceitual deve ser visto apenas como uma das possíveis representações de certa estrutura conceitual [10].

O modelo inicial, e também o mais utilizado, para fazer um mapa conceitual é aquele que toma como base o princípio ausubeliano da diferenciação progressiva dos conceitos de acordo com a qual os conceitos mais gerais e inclusivos aparecem na parte superior do mapa e, prosseguindo, de cima para baixo, outros conceitos aparecem em ordem decrescente de generalidade e inclusividade até que, ao pé do mapa, chega-se aos conceitos mais específicos. Também podem aparecer exemplos na base dos mapas; linhas que conectam os conceitos sugerem relações entre os mesmos [10].

Como instrumento didático, os mapas conceituais podem ser usados para mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados. Eles explicitam relações de subordinação e superordenação que possivelmente afetarão a aprendizagem de conceitos; são representações concisas de estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, é provável que facilitem a aprendizagem dessas estruturas [10]. Cabe então ressaltar que, do ponto de vista instrucional, a utilização do mapa conceitual não deve apenas estar de acordo com o princípio da diferenciação progressiva, unidirecional, de cima para baixo, mas também atender ao outro princípio ausubeliano, o da reconciliação integrativa.

Segundo Ausubel [11], ao se programar uma instrução utilizando uma técnica como, por exemplo, um mapa conceitual, deve-se procurar promover não só a diferenciação progressiva como também explorar explicitamente relações entre proposições e conceitos, evidenciar similaridades e diferenças significativas e reconciliar inconsistências reais ou aparentes, isto é, promover a reconciliação integrativa. Estes dois princípios, necessários para que se ocorra a aprendizagem significativa, devem ser necessariamente obedecidos: a) *dife-*

reconhecimento progressiva, as idéias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução, e b) *reconciliação integrativa*, idéias estabelecidas na estrutura cognitiva podem ser reconhecidas ou relacionadas, reorganizando-se e adquirindo novos significados.

Buchweitz [12] sugere alguns passos para a elaboração de um mapa conceitual. Inicia-se com a localização e listagem dos conceitos, depois se distribui os conceitos em duas dimensões, traçando as linhas que estabelecerão as relações e a natureza das relações entre os conceitos. Finalmente, faz-se a revisão e a reconstrução final do mapa. É ainda possível, eventualmente, inserir equações, exemplos, teorias e outros a fim de aprimorar ou facilitar sua interpretação.

1.2. Os diagramas conceituais

Os instrumentos didáticos construídos ao longo deste estudo não são, a rigor, mapas conceituais tal como propostos por Novak [4]. Esse autor propõe, basicamente, que o mapa reflita a estrutura conceitual do corpo de conteúdo em questão, com suas relações. Então, de acordo com o modelo para o mapeamento conceitual apresentado por Moreira [10], dentro das figuras geométricas destinadas para esse fim, no caso, retângulos, devem aparecer apenas os conceitos relevantes desse corpo de conteúdo, os quais devem ser diferenciados progressivamente e reconciliados, promovendo a integração conceitual de tal conteúdo.

Neste trabalho, tais instrumentos se configuram como um misto do tipo fluxograma e mapas conceituais, apresentando, na maioria das vezes, idéias, ações e proposições (e não apenas conceitos) encadeadas e, com frequência, sem evidências do princípio da diferenciação progressiva.

Foram dois os principais fatores que levaram à construção desses instrumentos com tais características: 1) as condições sob as quais foi desenvolvido o estudo, tais como a utilização dessa estratégia de ensino ser algo novo, tanto para os alunos quanto para os professores e também pelo fato de que o conteúdo a ser ensinado era completamente novo para os alunos; 2) por se tratar de uma estratégia um tanto complexa em termos das tarefas a serem desenvolvidas, para a faixa etária dos alunos, nesse nível de ensino. Esses fatores foram determinantes para a grande dificuldade em implementar rigorosamente a proposta original de Novak [4]. Então, por questão de rigor teórico optamos por designar os instrumentos aqui desenvolvidos, por *diagramas conceituais*.

É importante ressaltar que, embora não estejamos tratando com mapas conceituais no sentido estrito do termo, os instrumentos desenvolvidos neste estudo foram embasados na proposta de Novak [4] para os mapas e todos os pressupostos teóricos ausubelianos pertinentes foram seguidos. Além disso, acreditamos que os

diagramas conceituais aqui desenvolvidos cumpriram a contento o papel de evidenciar a estrutura conceitual do corpo de conteúdo em questão, evidenciando as relações hierárquicas entre os principais conceitos e idéias da matéria de ensino.

2. Metodologia

O estudo foi desenvolvido em três etapas. Na primeira etapa foi aplicado um teste para tentar identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre conceitos básicos de ondulatória, acústica e óptica. Ainda nessa etapa foi aplicado um questionário para obter informações sobre o contexto escolar dos alunos, a faixa etária, o tempo para estudo e interesse pelo estudo da física. Trata-se de duas turmas de 2º ano do Ensino Médio (experimental e controle) com vinte e cinco alunos na faixa etária de 17 anos em média.

A segunda etapa compreendeu as fases de familiarização com a estratégia pelos alunos da turma experimental. Para isso, foram apresentados exemplos de diagramas conceituais nas áreas de física, biologia e literatura. Utilizamos na turma experimental três tipos de recursos didáticos baseados nas idéias de Novak e Gowin [5]: 1) extração dos significados dos livros de texto; 2) extração de significado de trabalhos de laboratório e 3) preparação de trabalhos de exposições orais. Elaboramos seis atividades diferenciadas de construção de diagramas conceituais, as quais foram desenvolvidas com os cinco grupos de alunos da turma experimental, a saber: 1) construção do diagrama conceitual sobre a letra de uma música; 2) construção do diagrama conceitual dos textos “Porque estudar física”, “Estudo da física” e “Os ramos da física”; 3) construção do diagrama sobre experimentos e conceitos sobre ondulatória; 4) construção do diagrama sobre os conceitos gerais de ondulatória; 5) construção do diagrama de experimentos e conceitos sobre óptica; 6) construção do diagrama conceitual sobre os conceitos gerais de óptica.

Na turma controle foram apresentadas e exemplificadas estratégias diferenciadas a serem trabalhadas, resumos, relatórios experimentais e exercícios formais: 1) resumo e discussão das idéias sobre a letra da música; 2) resumos dos textos “Porque estudar física”, “Estudo da física” e “Os ramos da física”; 3) relatórios dos experimentos e conceitos sobre ondulatória; 4) exercícios formais do livro de texto sobre os conceitos gerais de ondulatória; 5) relatórios dos experimentos e conceitos sobre óptica; 6) exercícios formais do livro de texto sobre os conceitos gerais de óptica.

No encerramento do semestre, após o último teste e por meio de um questionário (Apêndice B), verificamos a opinião dos alunos quanto à aprovação do uso dos diagramas conceituais como instrumento facilitador de aprendizagem.

Para cada uma das atividades foi elaborado um diagrama conceitual com as proposições, hierarquias,

ligações e exemplos, que serviu como referência para categorizar e avaliar os diagramas elaborados pelos alunos. Em cada Diagrama de Referência (DR) está representado o conhecimento cientificamente aceito e ensinado. Foram elaborados pela primeira autora deste trabalho, com análise e anuência das outras duas autoras, doutoras em física.

A atividade 1, que chamamos de “quebra-gelo”, serviu de preparação para inserção da estratégia dos diagramas conceituais. Por não ter relevância conceitual para os conteúdos estudados na *física*, os diagramas elaborados pelos alunos, nessa fase, não foram objeto de análise.

3. Resultados e análise de dados

3.1. Análise dos testes de conhecimento prévio

A análise foi diagnóstica, pois a finalidade era detectar quais conceitos deveriam ser abordados com maior profundidade. Apesar de se tratar de conteúdos ainda não abordados diretamente nas aulas de física, a maioria deles está claramente presente no cotidiano dos alunos.

A maioria das questões dos testes foi baseada no trabalho de Silveira e Moreira [13] e as demais foram formuladas pela equipe de pesquisadores com a participação do professor das turmas. Para melhor exemplificar apresentamos o teste de conhecimento (Apêndice A) sobre ondulatória.

Para verificarmos se as respostas dadas nos testes refletiam o real nível de conhecimento da turma, fizemos uma análise quantitativa baseada na análise exploratória de Kendall proposta por Barbancho [14], que calcula o grau de dispersão dos dados ou coeficiente de variação (CV), isto é, o grau de variância entre a nota do aluno e a média da turma. Se $CV > 0,30$ = grande dispersão, então o valor da média da turma não reflete necessariamente a realidade conceitual da turma; trata-se de uma turma não homogênea.

O teste sobre ondulatória abordou os conceitos básicos que seriam estudados no bimestre como: amplitude, período e frequência, velocidade de uma onda, propagação de uma onda sonora, altura, intensidade do som propagado. A média de acertos da turma experimental foi de 5,3, e da turma controle 6,2, ambas com grande dispersão ($C.V = 0,29$). Esse resultado demonstra que referente ao tema ondulatória as duas turmas acomodam alunos com grande diferença conceitual.

Já o teste sobre óptica envolveu os conceitos de propagação retilínea da luz, formação da sombra, penumbra e objetos luminoso e iluminado. A turma experimental obteve média de acerto de 5,6 e $C.V = 0,33$ e a controle 5,4 e $C.V = 0,28$. A grande dispersão nos valores encontrados neste teste reflete também que ambas as turmas apresentam problemas conceituais em óptica e acomoda alunos com grande diferença conceitual entre si.

Quando comparadas as médias e o coeficiente de variação nos dois testes, a turma experimental (5,3 para 5,6; 0,29 para 0,33) revela maior heterogeneidade conceitual em óptica do que a controle (6,2 para 5,4; 0,29 para 0,28), ficando evidente pelo valor do coeficiente de variação que ambas as turmas apresentam baixo desempenho conceitual, tanto em ondulatória quanto em óptica.

Isso foi verificado na análise dos testes, que constituíram um valioso apoio para a preparação das atividades com diagramas conceituais que envolvessem os conceitos mais “problemáticos” da física. Pelos diagramas elaborados posteriormente, pudemos perceber que os alunos apresentaram dificuldade em relacionar exatamente os mesmos conceitos que demonstraram desconhecer nos testes das concepções prévias.

3.2. Análise dos diagramas conceituais

Foram analisados ao todo 45 diagramas conceituais traçados por cinco grupos da turma experimental. Todos eles foram analisados qualitativamente. Entretanto, como finalidade adicional, buscou-se avaliar a opinião dos alunos acerca das potencialidades deste instrumento para facilitar a aprendizagem e, em particular, a sua contribuição para a expressão escrita, quais as dificuldades sentidas na construção dos seus diagramas, quais as vantagens e desvantagens vêm no seu uso.

Sabendo que os diagramas conceituais são representações idiossincráticas do conhecimento de um aluno ou de um grupo sobre um conteúdo específico, num dado momento e dentro de um contexto, cada diagrama construído por um mesmo grupo pode apresentar diferentes aspectos e características não observadas anteriormente. Fica claro para nós, que os diagramas analisados oferecem visualizações de algumas das características que frequentemente são evidenciadas pelos alunos com diferentes níveis de conceitualização.

A Tabela 1 resume a quantidade de diagramas coletados em cada grupo da turma experimental e demonstra que três grupos deixaram de realizar algumas atividades.

Tabela 1 - Resumo das atividades realizadas com a participação dos cinco grupos.

Grupos	Atividade						Total por grupo
	1	2	3	4	5	6	
1	0	1	1	1	4	0	7
2	0	1	1	1	5	1	9
3	1	1	1	1	6	1	11
4	1	1	1	1	5	1	10
5	1	1	0	1	4	1	8
Total	3	5	4	5	24	4	45

Como proposta mais viável de análise qualitativa, uma vez que se leva em conta o caráter individual da representação conceitual de cada diagrama construído, nós utilizamos o critério de análise e classificação dos mapas conceituais propostos por Novak e Gowin [5]:

proposições, hierarquia, ligações cruzadas ou transversais e exemplos. Para ele, a pontuação dos mapas conceituais era, em muitos aspectos, irrelevante, uma vez que na estrutura dos mapas eram procuradas alterações qualitativas. Entretanto, ao observar a necessidade de professores e alunos em pontuar seus mapas, ele resolveu elaborar métodos de pontuações baseados na teoria cognitiva de Ausubel [1].

De acordo com as características de cada critério classificatório foi dada uma pontuação apresentada na Tabela 2. Esta pontuação serviu como modelo para atribuir valores aos diagramas conceituais de acordo com a validade das representações e seu significado entre conceitos.

Tabela 2 - Pontuação para mapas conceituais.

Critérios classificatórios	Pontuação
Proposições (ligações entre dois conceitos): cada ligação se for válida e significativa	1
Hierarquia: cada nível válido	5
Ligações Transversais: cada ligação se for:	
- válida e significativa	10
- somente válida	2
- criativa ou peculiar	1
Exemplos: cada exemplo válido	1

* Adaptado de Almeida *et al.* [15].

As reflexões feitas com os grupos e entre eles, motivadas por discussões e questionários investigativos, complementaram nossa análise, uma vez que o resultado delas se traduzia na construção dos diagramas de cada grupo.

A seguir é apresentado respectivamente um exemplo de diagrama elaborado pelos alunos de um dos grupos, ora tratado como grupo X (Fig. 1), um diagrama de referência sobre a atividade proposta, elaborado com o auxílio do programa CMap Tools² (Fig. 2), a tabela de pontuação (Tabela 3) referente ao diagrama elaborado e uma breve análise qualitativa.

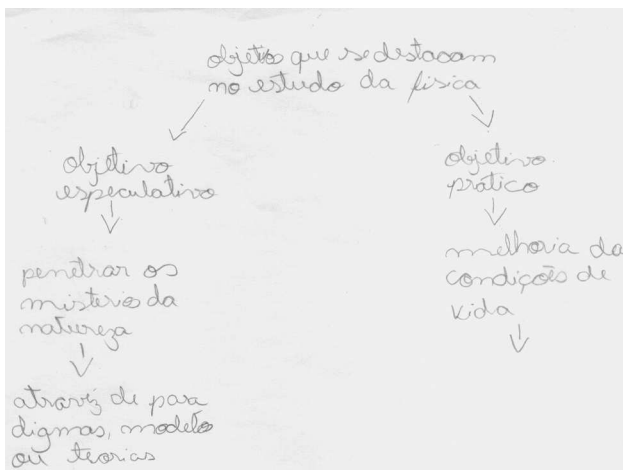


Figura 1 - Diagrama conceitual sobre texto "Estudo da física" elaborado pelo grupo X.

O grupo de alunos aqui exemplificado (grupo X) apresentou grande dificuldade em realizar essa tarefa

no tempo determinado. Iniciou o diagrama com o tema geral "Objetivos no estudo da física", estabeleceu apenas cinco ligações proposicionais válidas, e não relacionou as proposições por meio de palavras ou termos de ligação.

A Tabela 3 apresenta resumidamente a pontuação obtida no diagrama elaborado pelo grupo X, tratado por Diagrama do Grupo-DG e a pontuação resultante do diagrama de referência, tratado por Diagrama de Referência-DR.

Tabela 3 - Pontuação obtida após análise do diagrama conceitual construído pelo grupo X.

Critérios classificatórios	DG	DR
Proposições (ligações entre dois conceitos) cada ligação se for válida e significativa	0,5	34
Hierarquia: cada nível válido	3x5	7x5
Ligações Transversais: cada ligação se for:		
- válida e significativa	0	0
- somente válida		
- criativa ou peculiar		
Exemplos: cada exemplo válido	0	2
Total de pontos	20	71

* Adaptado de Almeida *et al.* [15].

Do texto foram relacionados como objetivos do estudo da física, apenas o especulativo e o prático. Vemos que todas as ligações foram desencadeadas linearmente. Não se percebe hierarquização de conceitos em cada relação e sim frases ou trechos citados e relacionados. Também não é estabelecida nenhuma ligação transversal, como percebemos pela menção zero na Tabela 3. Este grupo manifesta ter compreendido apenas parcialmente o texto, não se motivando para o término do diagrama. Demonstra também pouco interesse na realização da tarefa.

Percebemos por meio da observação e conversas com os alunos, que eles se motivavam mais na elaboração dos diagramas conceituais que se referiam a experimentos realizados por eles próprios, pois se sentiam mais livres para relacionar suas idéias do que quando elaboravam diagramas de conceitos retirados do texto ou sugeridos pelos pesquisadores.

Apresentamos um segundo exemplo de diagrama elaborado pelos alunos de um dos grupos, ora tratado como grupo Y (Fig. 3), um diagrama de referência sobre a atividade proposta (Fig. 4), a tabela de pontuação (Tabela 4) referente ao diagrama elaborado e uma breve análise.

Trata-se de um experimento simples para demonstrar que o feixe de luz ao incidir na fenda de um cartão (opaco) passa por ela e reflete no espelho posicionado atrás da mesma. Ao traçar cuidadosamente a trajetória deste feixe, e utilizando um transferidor, observa-se sobre a folha de papel que o ângulo de incidência é igual ao ângulo refletido. Foi solicitado que o grupo construísse um diagrama que refletisse tanto a construção como a conclusão descrita acima.

²O programa CMap Tools pode ser acessado pelo sítio <http://cmap.ihmc.us>.

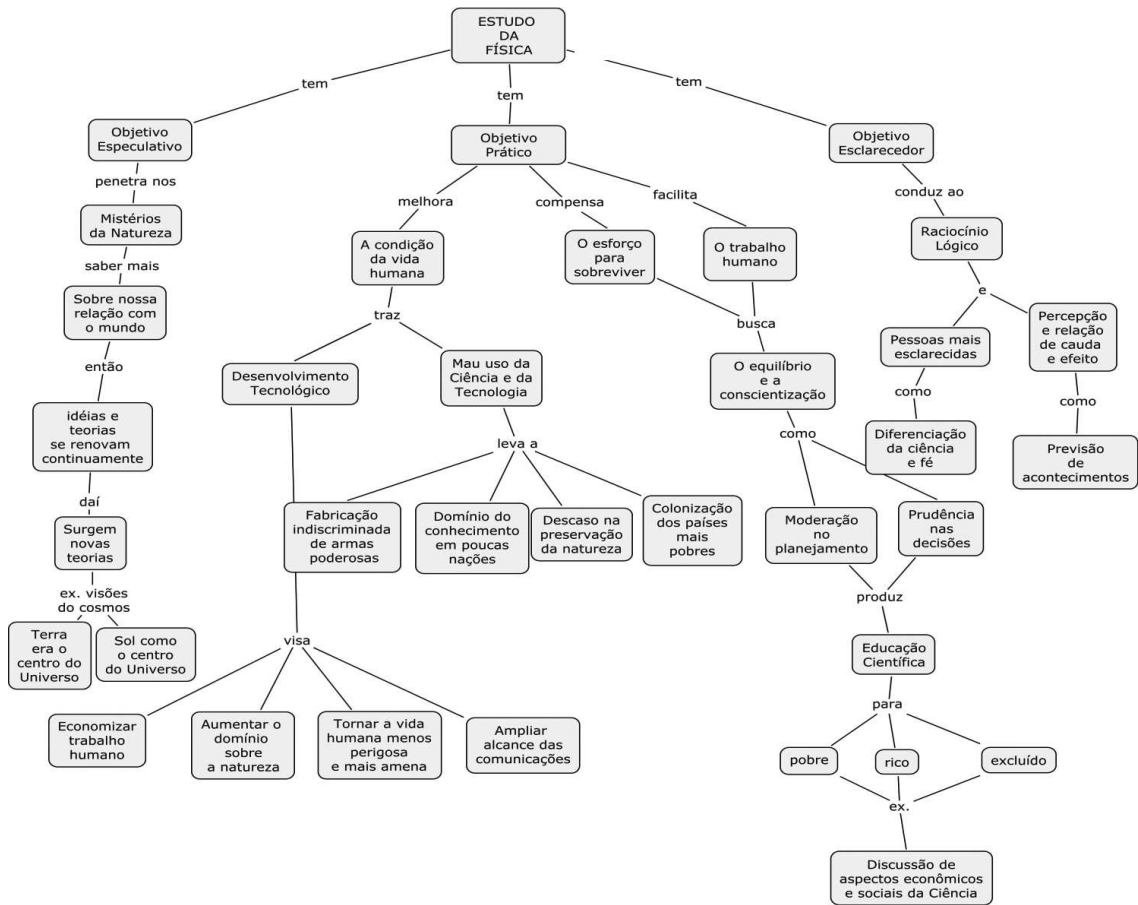


Figura 2 - Um diagrama de referência elaborado sobre o texto “Estudo da física”. Demonstra as relações julgadas válidas e significativas conceitualmente.

A Tabela 4 apresenta resumidamente a pontuação obtida no diagrama elaborado pelo grupo Y, tratado por Diagrama do Grupo-DG e a pontuação resultante do diagrama de referência, tratado por Diagrama de Referência-DR.

Tabela 4 - Pontuação obtida após análise do diagrama conceitual construído pelo grupo Y.

Critérios Classificatórios	DG	DR
Proposições (ligações entre dois conceitos) cada ligação se for válida e significativa	7	11
Hierarquia: cada nível válido	6x5	6x5
Ligações Transversais: cada ligação se for:		
- válida e significativa		
- somente válida	0	0
- criativa ou peculiar		
Exemplos: cada exemplo válido	0	0
Total de pontos	37	41

* Adaptado de Almeida *et al.* [15].

Apesar de o grupo ter elaborado um diagrama conceitual que atende ao objetivo do experimento e demonstra compreensão do experimento, faltou identificar as relações por meio de termos conectores, dificuldade apresentada em todos os grupos observados.

Foram consideradas sete relações válidas e significativas dispostas em seis níveis hierárquicos.

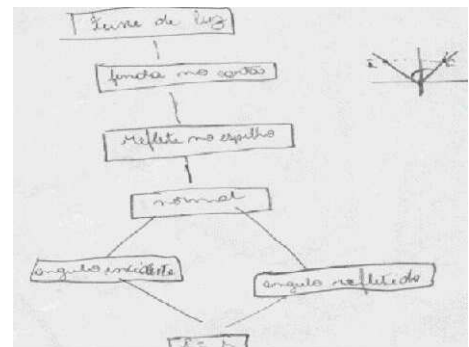


Figura 3 - Diagrama conceitual sobre experimento de refração, elaborado por grupo Y.

Um terceiro exemplo é apresentado nas Figs. 5, 6 e 7 que constam cada uma de dois diagramas que foram elaborados pelos alunos de um dos grupos, tratados aqui como grupo Z. Nessa atividade, foi avaliada a capacidade individual de estruturação das idéias a partir da discussão do texto sobre objetos luminosos. Por se tratar de duas turmas heterogêneas conceitualmente,

como descritas na análise dos testes de concepções, esta atividade detecta problemas pontuais na aprendizagem conceitual.

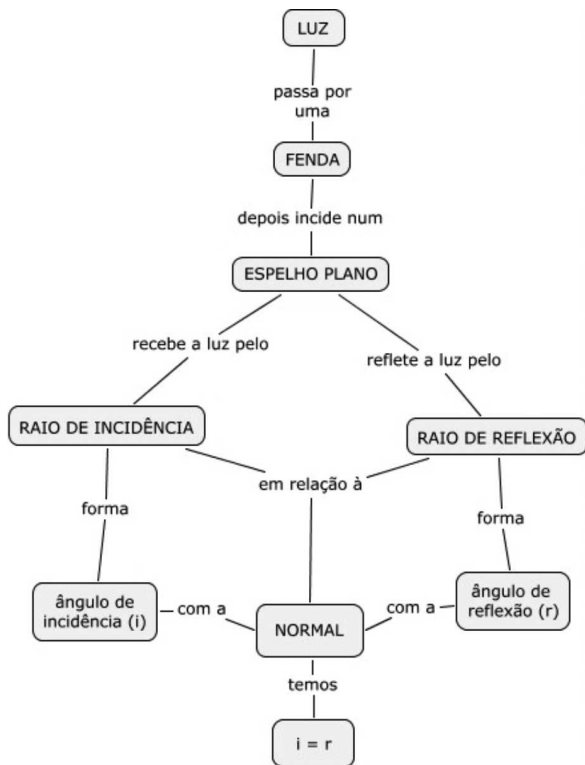


Figura 4 - Diagrama conceitual de referência sobre experimento de reflexão da luz. Demonstra as relações julgadas válidas e significativas conceitualmente.



Figura 5 - Diagramas conceituais sobre objetos luminosos elaborados pelos alunos 1 e 2 do grupo Z.

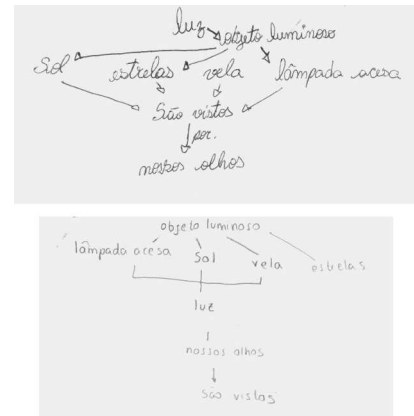


Figura 6 - Diagramas conceituais sobre objetos luminosos elaborados pelos alunos 3 e 4 do grupo Z.

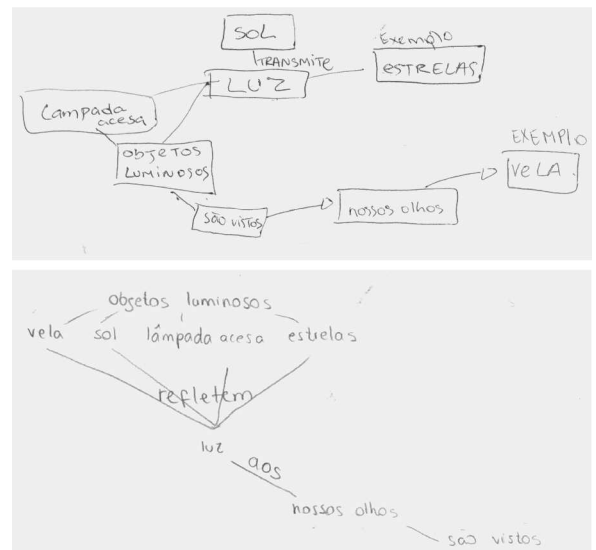


Figura 7 - Diagramas conceituais sobre objetos luminosos elaborados pelos alunos 5 e 6 do grupo Z.

O diagrama da Fig. 8 a seguir foi tomado como referência para comparar as idéias dos alunos sobre o tema proposto e para o preenchimento da Tabela 5.

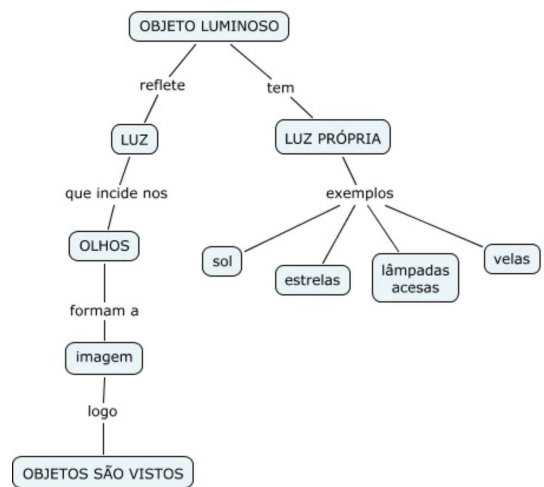


Figura 8 - Diagrama de referência sobre objeto luminoso. Demonstra as relações julgadas válidas e significativas conceitualmente.

Tabela 5 - Pontuação obtida após análise do diagrama conceitual construído pelo grupo Z.

Critérios classificatórios	Aluno						DR
	1	2	3	4	5	6	
Proposições (ligações entre dois conceitos) cada ligação se for válida e significativa	4	4	4	4	3	4	6
Hierarquia: cada nível válido	4x5	4x5	3x5	3x5	3x5	3x5	4x5
Ligações transversais: cada ligação se for: - válida e significativa							
- somente válida	0	0	0	0	0	0	0
- criativa ou peculiar							
Exemplos: cada exemplo válido	4	4	4	4	1	4	4
Total de pontos	28	28	23	23	19	23	30

*Adaptado de Almeida *et al.* [15].

Uma das vantagens dessa estratégia cognitiva pôde ser percebida na comparação dos seis diagramas ora apresentados. A idiosincrasia de cada diagrama reflete a riqueza dessa análise, uma vez que cada aluno teve a liberdade de representar suas próprias idéias, estando elas corretas ou não. Respeitando esse princípio, a análise foi realizada não só pelo diagrama em si, mas também pela explicação do mesmo quando do seu término.

Alguns parâmetros foram considerados na análise: a) compreensão do conceito: objeto luminoso, b) níveis hierárquicos na estruturação dos conceitos e c) palavras de ligação entre conceitos relacionados.

Os diagramas dos alunos 1, 2 e 6 demonstram compreensão do conceito *objeto luminoso* quando o relacionam com *luz própria* ou *com refletem luz*. Os diagramas 1 e 2 refletem uma estrutura coerente dos conceitos ao estabelecer quatro proposições válidas e significativas com quatro níveis hierárquicos. Os conceitos *Sol*, *estrela*, *vela acesa* e *lâmpada* foram relacionados, apesar de não serem usadas palavras conectoras, como exemplos do conceito mais abrangente (objeto luminoso). O diagrama do aluno 5 demonstra excessiva linearidade das idéias e também falta de compreensão do que é um objeto luminoso e como o vemos, quando relaciona diretamente o *Sol* como transmissor de *luz* para que *os objetos luminosos sejam vistos*. Falta hierarquia entre os conceitos relacionados e diferenciação dos conceitos gerais, intermediários e específicos. Já os alunos 3 e 4 elaboram diagramas que demonstram a dificuldade de estruturação das idéias sobre o tema; são estabelecidas quatro proposições, dispostas em três níveis hierárquicos. Na ligação *luz-objeto luminoso*, falta termo conector que esclareça essa ligação.

Resumidamente, podemos afirmar que a análise comparativa entre os diagramas elaborados pelos alunos e os diagramas de referência, permite tanto o aluno quanto o professor obterem informações sobre o nível de conhecimento assimilado. Verificamos nessa com-

paração uma proporcionalidade direta entre o número de itens relacionados e o número de idéias assimiladas. Isto fornece subsídios que apontam para uma aprendizagem significativa.

3.3. Análise dos resultados das avaliações formais

Verificamos pelo gráfico da Fig. 9 que a turma experimental obteve uma média final de 6,4, e a turma de controle, uma média final de 5,6; ambas tomadas entre o primeiro e segundo bimestres. Pelos valores dos coeficientes de variação (CV), calculados para as duas turmas (0,25 para a turma experimental e 0,21 para a turma de controle), verificamos que as médias se encontram entre os valores medianos de dispersão. Resultado que demonstra o nível conceitual em relação ao estudo da física naquele período específico, segundo Barbancho [14].

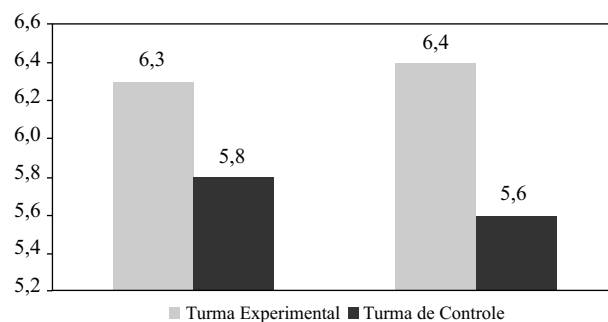


Figura 9 - Gráfico comparativo da média bimestral das turmas experimental e de controle.

Devido à pequena diferença percentual apresentada entre os valores nas médias bimestrais das turmas Controle e Experimental, utilizamos o programa estatístico SAEG para verificar se tais valores, quando comparados estatisticamente, apresentavam diferenças significativas ou não.

No programa SAEG,³ o Teste t de Student foi adotado para comparar dados não pareados, ou seja, fazer

³O Programa SAEG - Sistema para Análises Estatísticas é disponibilizado gratuitamente na versão 9.1 pela Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007. <http://www.ufv.br/saeg/index.htm>.

comparação entre duas médias, sendo o efeito verificado por meio da análise da variância. No caso de efeito significativo da variável, foi realizado o teste de Newman-Keuls, para comparar as médias entre si. A significância adotada foi de 5% de probabilidade, sendo considerados efeitos estatísticos valores de significância menores que 5%.

A Tabela 6 demonstra resumidamente a análise estatística dos resultados encontrados nas turmas Controle e Experimental, comparando os valores entre as médias: Geral, a Mediana Superior e Inferior.

Tabela 6 - Diferença estatística entre as médias das turmas Controle e Experimental*.

Geral	1º Bimestre		2º Bimestre	
Controle	6,00	a A	5,82	a A
Experimental	6,32	a A	6,38	a A
Mediana Inferior	1º Bimestre		2º Bimestre	
Controle	7,04	a A	6,77	a A
Experimental	7,26	b A	8,06	a B
Mediana Superior	1º Bimestre		2º Bimestre	
Controle	4,95	a A	4,87	a A
Experimental	5,30	a A	4,94	a A

*Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula da horizontal e maiúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste t.

Pela análise estatística podemos verificar que existe diferença significativa apenas quando os valores são calculados com base na mediana superior. Comparativamente, a turma experimental apresentou um melhor desempenho que a turma controle, tanto no primeiro como no segundo bimestre. Entretanto, quando comparados com base nos valores gerais e de mediana inferior, não verificamos diferença significativa entre as médias bimestrais.

Esses valores não invalidam nossa conclusão de ter nos mapas ou diagramas conceituais, como tratados aqui, uma ferramenta útil para ensino e aprendizagem. A análise estatística, como já dito, nos serve como uma ferramenta a mais para nossas conclusões, uma vez que os aspectos qualitativos como as relações estabelecidas nos diagramas, a participação, a motivação em aprender, dentre outros, apontam caminhos para uma aprendizagem significativa.

Os resultados das provas formais vêm corroborar com o que foi constatado durante a pesquisa, de que apesar do baixo desempenho em sala de aula a turma experimental desenvolveu habilidades cognitivas, traduzidas nas relações que os alunos de cada grupo fizeram entre os conceitos inseridos em seus diagramas durante sua elaboração e apresentação.

Em contrapartida, a turma controle que apresentou uma melhor participação inicialmente, conseguiu apenas se manter equilibrada em termos de notas bimestrais. A utilização de estratégias formais “garantiu” apenas o desenvolvimento mediano do conhecimento.

Não trouxe motivação suficiente para um melhor resultado.

De forma geral a análise nos possibilitou vislumbrar aspectos não considerados neste trabalho, os quais valorizam principalmente o interesse do aluno. Trata-se de uma premissa da teoria da aprendizagem significativa, o interesse em aprender significativamente, caso contrário não participará integralmente do processo.

Em questionário que teve como finalidade fornecer dados para se caracterizar sócio-culturalmente as turmas, bem como identificar o grau de interesse em aprender significativamente, verificamos que 91% dos alunos na turma experimental não trabalha fora, mas apesar disso apenas 53% afirmam manter um ritmo mínimo de estudo por dia, sendo que 77% gostam e acham interessantes as aulas de física, mas 77% também consideram complicado o estudo da física. Já na turma controle 87% não trabalham fora e 93% afirmam manter um ritmo mínimo de estudo por dia e gostam de estudar física, contra 87% que acham complicado e 69% que acham interessante as aulas de física.

Nesse levantamento percebemos que a turma controle apresentou maior envolvimento e interesse não só pela disciplina de física como pelo estudo de maneira geral. E a turma experimental se mostrou menos dedicada ao estudo. Contudo, esta última demonstrou maior motivação para aprendizagem dos conceitos, uma vez sendo os mesmos trabalhados de forma diferenciada da tradicional. Já os alunos da turma controle, apesar de mais dedicados inicialmente, foram aos poucos dando indícios de uma aprendizagem mecânica.

Entendemos que para conhecermos melhor o nível conceitual das turmas seria necessário aplicarmos este estudo por um período maior, identificando, assim, as deficiências conceituais para trabalhá-las por meio da representação conceitual (diagramas conceituais). Isso porque, apesar do aparato quantitativo para o cálculo das médias das menções obtidas pelos alunos nos bimestres (cálculo esse, realizado empiricamente como é de “costume” em física), entendemos que esses valores não traduzem qualitativamente a aprendizagem dos alunos pesquisados.

O questionário de opinião aplicado na turma experimental para verificar qual foi na ótica dos alunos, a contribuição para a aprendizagem que a estratégia dos diagramas conceituais trouxe, demonstrou que 61% dos alunos consideraram nossa intervenção como uma forma de auxílio e estímulo para a aprendizagem da matéria de ensino, 56% dos alunos considerou a utilização de diagramas conceituais úteis para a aprendizagem, e 70% entendeu que essa estratégia facilitou a organização de suas idéias. Percebemos, por meio das respostas sobre a utilidade dos diagramas conceituais nas aulas de física, que a maioria dos alunos, apesar de acharem uma estratégia “difícil e trabalhosa”, avalia

que ela ajuda a resumir e organizar as idéias, tal como evidenciam os trechos transcritos, a seguir:

- “Confunde às vezes”;
- “A pessoa resume todas as suas idéias...”;
- “Podemos entender melhor os conceitos de física”;
- “Ajuda a administrar a matéria”;
- “Facilita a organização de minhas idéias”;
- “É fácil de memorizar a matéria”;
- “Antes de resolver o problema, você estrutura como resolver, assim se torna mais fácil”..

4. Conclusão

A introdução de novas estratégias de ensino no contexto escolar tem proporcionado benefícios aos estudantes, especialmente pelo fator motivador e facilitador do processo de ensino-aprendizagem. A utilização da estratégia de mapas conceituais, aqui tratado com diagramas conceituais, contribui não só para a aprendizagem significativa em si, mas também para o desenvolvimento (pelo aluno) de competências e habilidades associadas às diferentes disciplinas, em especial ao estudo da física.

Percebemos esse desenvolvimento conceitual em cada resposta dada pelos alunos pesquisados, principalmente na turma experimental, onde tivemos maior liberdade de “navegar” nos conceitos ensinados, durante a elaboração e apresentação de cada diagrama conceitual elaborado pelos alunos.

Durante a elaboração do diagrama os alunos solicitavam nossa presença para sanar dúvidas relativas à ligação entre os conceitos, demonstrando curiosidade e o mais importante, vontade de entender o *porquê* de cada relação conceitual estabelecida. Acreditamos que, nesse momento, a nova informação se relaciona significativamente com seu conhecimento já assimilado (subsunção).

Durante as apresentações dos diagramas, os alunos participavam com perguntas e sugestões, relacionando significativamente os conceitos discutidos. Nesse momento, os próprios alunos percebiam seus erros, sendo incentivados a refazer seu mapa relacionando corretamente os conceitos. Neste sentido, os diagramas elaborados pelos alunos parecem ser instrumentos poderosos para observar assimilação ou não de significados incluídos em seus próprios diagramas. De maneira geral, acreditamos que todo o processo de utilização da estratégia se mostrou eficaz para a aprendizagem significativa.

A estratégia também gerou uma motivação para aprender, conforme constatado pelo questionário de avaliação. A análise dos diagramas expôs deficiências como domínios conceituais fornecendo, não só ao professor como também ao aluno, uma poderosa ferramenta para avaliação da aprendizagem.

A análise estatística comparativa com base na mediana superior, feita entre as turmas pesquisadas, mostrou que houve melhoria significativa, ao nível de 5% de significância pelo teste t, no desempenho dos alunos que utilizaram a estratégia.

No sentido de divulgar e incentivar a utilização dessa estratégia de ensino, produzimos um material instrucional dirigido aos professores de física e de outras disciplinas, constituído de definições, exemplos e figuras explicativas sobre a elaboração de mapas (diagramas) conceituais no ensino da física, como atividades complementares para o estudo de ondulatória e óptica. Para as definições fundamentais abordadas, produzimos diagramas representativos que expressam os conceitos considerados cientificamente corretos, os quais devem servir não de modelo, mas de sugestão para o professor.

Apêndice A - teste para verificação das concepções prévias sobre ondulatória

Instruções:

1. Este teste consta de 10 questões, confira se ele está completo.
2. Em cada uma das questões escolha uma e apenas uma das alternativas apresentadas.
3. Depois de ter certeza da alternativa escolhida, marque a sua resposta na grade de respostas que aparece na última página deste teste.

QUESTÕES:

1. Uma aluna, Joana, e seu professor discutem o que se segue:

Prof.: “Se você tirar uma corda de sua posição de equilíbrio e abandoná-la, conforme desenho abaixo, o que acontecerá com ela?”

Joana: “Ah! É claro que ela ficará oscilando em torno dessa posição (indo de A até A' e retornando sucessivamente).”

Prof.: “Sim é verdade! Por isso eu posso afirmar que a amplitude de oscilação da corda é:”

- a) a distância entre a posição A e a posição A';
- b) a distância entre a posição de equilíbrio (O) e a posição que ele alcança ao oscilar A ou A';
- c) a distância percorrida de A ou A', depois retornando à posição de equilíbrio (O).

2. As figuras abaixo representam um pêndulo simples, de comprimento L, oscilando entre B e B'. Qual das alternativas abaixo melhor representa um ciclo:

3. Ainda em relação à questão anterior, suponha que a bola pendurada (pêndulo simples) gaste 2 s para efetuar um ciclo (ou uma oscilação completa). Dessa forma, podemos afirmar que o período desse movimento é de 2 s e que sua frequência é de 0,5 ciclos/s (hertz). Caso o comprimento L seja aumentado, qual das três

alternativas abaixo representa corretamente a relação período e frequência:

- a) o período e a frequência também aumentarão.
- b) a frequência aumentará e o período diminuirá
- c) o período aumentará e a frequência diminuirá

4. Observando a figura abaixo e, sabendo que o período de um pêndulo depende de seu comprimento, pode-se concluir que:

- a) O pêndulo de comprimento maior levará menos tempo para ir de A até A'.
- b) O pêndulo de comprimento maior levará mais tempo para ir de A até A'.
- c) O pêndulo de comprimento menor gastará o mesmo tempo, que o pêndulo de comprimento maior, para ir de A até A'.

5. Todos nós temos o conhecimento da tragédia chamada “tsunami”- onda gigantesca que caminha com uma velocidade muito grande e devasta tudo que encontra pelo caminho. Um pescador está navegando a 2 km da praia quando um tsunami passa por ele. O que acontecerá com este pequeno barco?

- a) a onda gigantesca carregará o pequeno barco por 2 quilômetros até se chocar com a praia.
- b) O barco do pescador não sentirá a onda passar, pois ela caminha por baixo dele.
- c) O barco sofrerá a ação da onda, ao passar por ele, podendo vir a naufragar em alto mar.

6. Em relação à questão anterior, pode-se afirmar que o tsunami atingirá a praia em 60 s (1 min), pois sua velocidade de propagação é de 120 km/h. Esse cálculo também pode ser feito se conhecermos:

- a) o comprimento de onda, o período e a velocidade da onda.
- b) o comprimento de onda, a distância e a velocidade da onda.
- c) a velocidade da onda, o período e a frequência.

7. Durante uma tempestade, uma pessoa se assusta muito com um relâmpago. Esse susto pode ser explicado da seguinte maneira:

- a) Ela primeiro escutou o barulho do trovão e saiu correndo com medo da descarga elétrica (raio) que produziria um relâmpago.
- b) Ela viu o brilho do relâmpago juntamente com o barulho do trovão e saiu correndo para não ser atingido pela descarga elétrica (raio) que produziu o relâmpago.
- c) Ela viu o brilho do relâmpago produzido pela descarga elétrica (raio) e saiu correndo, pois sabia que em seguida ouviria o barulho do trovão.

8. Uma pessoa, após um desabamento, ficou presa dentro de uma caverna onde há muito tempo atrás funcionava uma mina. Sabendo que o som se propaga por meio de ondas sonoras e que a velocidade dessa propagação depende do meio em que se encontra, seria muito bom se por trás do monte de pedras que se formou com o desabamento, existisse:

a) uma parede de madeira, pois o som se propaga mais rapidamente em sólidos menos rígidos do que em sólidos muito rígidos, como o ferro.

b) uma galeria (que faria o papel de uma parede de ar), pois o som se propaga mais rapidamente do que nos líquidos (no caso de haver uma cachoeira).

c) uma parede de ferro, pois o som se propaga mais rapidamente em sólidos muito rígidos do que em líquidos.

9. Na Escola de Música de Brasília, Sara estuda canto com seu irmão João. Um dia ela resolveu perguntar a sua professora de física por que sua voz era “fina” (aguda) e a voz de seu irmão era “grossa” (grave). Sua professora explicou que a altura do som (voz) está relacionada com a frequência da onda sonora, logo:

a) o som grave é emitido por uma fonte sonora que vibra com baixa frequência, característica normalmente apresentada pelas cordas vocais masculinas.

b) o som agudo é emitido por uma fonte sonora que vibra com baixa frequência, característica das cordas vocais femininas.

c) a maneira pela qual a pessoa posiciona a boca (muito aberta ou fechada) é responsável pela frequência alta ou baixa.

10. O delegado da 15ª Delegacia de Brasília pretende interrogar um homem acusado de um crime. Para isso, o delegado resolve utilizar o “detector de mentiras” adquirido recentemente para sua delegacia. Não entendendo bem o funcionamento da máquina, pediu ajuda a um professor de Física que mora próximo a sua casa, o qual o explicou o seguinte:

a) o detector de mentiras, na verdade, trabalha em função da frequência da onda sonora. Se a pessoa falar a verdade a frequência da onda sonora será baixa, mas quando ela mentir o detector acusará uma frequência muito alta.

b) pesquisas mostram que o timbre de voz de uma pessoa é alterado por suas condições emocionais, então quando o acusado mentir, ficará nervoso e o detector registrará um timbre de voz diferente.

c) o que os cientistas perceberam é que uma onda sonora transporta energia, ao se propagar. E quanto maior for a quantidade de energia, maior será a intensidade do som propagado. É por isso que quando o acusado mente ele aumenta a intensidade do som e o “detector percebe”.

11. Um motorista apressado, passa pela avenida L2-Sul a uma velocidade de 95 km/h. Não observa que a velocidade máxima permitida para a via é de 80 km/h. Durante o trajeto, não vê a placa de velocidade limite e passa ao lado de um aparelho especial do DETRAN (radar), que capta sua velocidade irregular e imediatamente fotografa seu carro. É evidente que após alguns dias, chegará uma notificação a esse motorista. Isso só é possível devido ao funcionamento do aparelho do

DETRAN (radar). Marque a opção que explica o funcionamento do radar, baseado no efeito Doppler.

Apêndice B - Modelo de Questionário de Avaliação da estratégia de Mapas Conceituais

Prezado aluno, este é um questionário de opinião que foi preparado para que você pudesse se expressar quanto à avaliação e desempenhos pessoal, à avaliação do docente (pesquisadora) e seu grau de satisfação quanto à utilização dos mapas conceituais como estratégia de ensino.

Por favor, responda com atenção e procure ser sincero em suas respostas.

Muito Obrigada

Questões

Auto-avaliação

Você se considera um(a) aluno(a):
 Ótimo Bom Regular

Você estuda em casa?
 Sempre Às vezes Nunca

Você realiza as tarefas passadas em sala?
 Sempre Às vezes Nunca

Você realiza as tarefas passadas para casa?
 Sempre Às vezes Nunca

Você é um aluno (a) de iniciativa para o estudo?
 Sim Dúvida Não

Você se dedicou para o estudo neste semestre?
 Sim Dúvida Não

Avaliação do docente (pesquisadora)

Apresenta com clareza as tarefas?
 Sempre Às vezes Nunca

Auxilia durante as aulas, tirando dúvidas?
 Sempre Às vezes Nunca

Estimula o interesse pela matéria?
 Sempre Às vezes Nunca

Estabelece relação entre a teoria e a experimentação?
 Sempre Às vezes Nunca

Esclarece as dúvidas?
 Sempre Às vezes Nunca

Busca tornar as aulas interessantes e dinâmicas?
 Sempre Às vezes Nunca

Avaliação da estratégia utilizada

Inicialmente, você gostou de aprender a utilizar os mapas conceituais?
 Sim Dúvida Não

Você acredita que a utilização de mapas conceituais durante o semestre foi útil?
 Sim Dúvida Não

Você acha que a construção de mapas conceituais facilita a organização de suas idéias?
 Sim Dúvida Não

Caso você tenha achado útil a utilização dos mapas conceituais nas aulas de física, cite pelo menos um motivo que justifique sua resposta.
 É útil porque _____

Não é útil porque.... _____

Referências

- [1] D.P. Ausubel, J.D. Novak e H. Hanesian, *Psicologia Educacional* (Editora Interamericana Ltda., Rio de Janeiro, 1980).
- [2] S. Torres e O. Barrios, *Curso de Formação para Educadores* (Editora Madras, São Paulo, 2002).
- [3] M.A. Moreira, *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula* (Editora Universidade de Brasília, Brasília, 2006b).
- [4] J.D. Novak, *Uma Teoria de Educação* (Editora Pioneira, São Paulo, 1981).
- [5] J.D. Novak e B.D. Gowin, *Aprender a Aprender* (Edições Técnicas, Lisboa, 1996).
- [6] W.A. Guerra, *Mapas Conceituais como Instrumentos para Investigar a Estrutura Cognitiva em Física*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983.
- [7] H.T. Gobara e M.A. Moreira, *Ciência e Cultura* **38**, 973 (1986).
- [8] M.A. Moreira, *Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino da Física: A Teoria de Ausubel como Sistema de Referência para a Organização do Ensino de Ciências* (Editora da Universidade, Porto Alegre, 1983).
- [9] F.L. Ruperez, *Enseñanza de las Ciencias* **9**, 135 (1991).
- [10] M.A. Moreira, *Mapas Conceituais & Diagramas V* (Editora do autor, Porto Alegre, 2006a).
- [11] M.A. Moreira, *Ciência e Cultura* **32**, 474 (1980).
- [12] B. Buchweitz, *Educação e Seleção* **10**, 3 (1984).
- [13] F.L. Silveira y M.A. Moreira, *Enseñanza de las Ciencias* **14**, 75 (1996).
- [14] A.G. Barbancho, *Estadística Elemental Moderna* (Editora Ariel S.A., Barcelona, 1975).
- [15] F.C. Almeida, A.R. Souza e P.A. Urenda, in *Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (ABRAPEC, Bauru, 2004).