

## **Utilização de mapas conceituais para buscar indícios de aprendizagem significativa na Física aplicada à Medicina**

**Mara Fernanda Parisoto, Marco Antonio Moreira, José Tullio Moro, Alex Sandre Kilian e Breno Dröse Neto**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. E-mails:  
[marafisica@hotmail.com](mailto:marafisica@hotmail.com); [moreira@if.ufrgs.br](mailto:moreira@if.ufrgs.br); [00070946@ufrgs.br](mailto:00070946@ufrgs.br);  
[ask211@gmail.com](mailto:ask211@gmail.com); [breno.drose@srs.ifmt.edu.br](mailto:breno.drose@srs.ifmt.edu.br)

**Resumo:** no Brasil, há carência de profissionais na Física. Isto se deve, em parte, ao ensino descontextualizado e desestimulante, onde os alunos não veem sentido nos conceitos ensinados a eles. Visando sanar essa problemática, tópicos de Óptica, Eletromagnetismo, Física Moderna e Contemporânea, com ênfase na Física aplicada na Medicina, foram abordados em um curso de extensão, implementado para alunos de licenciatura em Física e tecnólogos em Radiologia. O principal objetivo foi divulgar e analisar qualitativamente a construção de materiais alternativos que potencialmente desenvolvessem nos alunos uma aprendizagem significativa. Para tanto foi utilizado a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. O curso foi dividido em cinco partes, cada uma composta por um organizador prévio, uma situação-problema, aulas expositivas e atividades diferenciadas, tais como os mapas conceituais. Estes foram elaborados pelos alunos, com o objetivo de fazer a reconciliação integrativa dos assuntos. Concluímos que, para buscar indícios de aprendizagem significativa, é necessário deixar os alunos refazerem os mapas conceituais; dar maior ênfase no curso às explicações e menos às descrições; gravar as explicações e discussões que ocorrem em torno dos mapas conceituais e recolher a explicação escrita do autor.

**Palavras-chave:** ensino de Física, Física aplicada à Medicina, aprendizagem significativa, mapas conceituais.

**Title:** The use of concept maps to look for hints of meaningful learning in Physics applied to Medicine

**Abstract:** This paper results from the implementation of a course that deals with physics applied to medicine in order to give meanings to topics of optics, electromagnetism, modern and contemporary physics. The course was taught to physics teacher majors of the Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, and to students working in radiology. The main objective of the course was to test the construction of alternative materials that would help students in meaningful learning, not rote learning, taking into account their previous knowledge. The course was divided into five parts, each one starting with an advanced organizer, followed by a problem-situation which, in turn, was followed by a lecture. These lectures were intercalated with differentiated activities. In the last day, concepts maps, constructed by the students, were presented aiming at an integrative

reconciliation. This paper refers to the analysis of these concept maps which provided hints of paths to facilitate meaningful learning.

**Keywords:** physics teaching, physics applied to medicine, meaningful learning, concept maps.

### **Introdução**

Investigando as aplicações do Eletromagnetismo, da Óptica e da Física Moderna e Contemporânea na Medicina foi possível desenvolver uma proposta alternativa, que originou um curso, para ensinar conceitos de Física. Para tanto, foi necessário compreender quais seriam, especificamente, os conteúdos do Ensino Médio que pudessem ser utilizados na Física aplicada à Medicina e que abordagem(ns) didática(s) poderia(m) ser potencialmente facilitadora(s) da aprendizagem significativa (A.S.) nessa área. Através de extensa revisão da literatura identificou-se a não existência de materiais que utilizassem conceitos de Física para ensinar aplicações da Medicina na Educação Básica, nem, portanto, avaliações se esse material levava os alunos a aprenderem significativamente.

Visando sanar essas lacunas foram elaborados dois livros (Parisoto, Moro, 2011a; Parisoto, Moro, 2011b). O objetivo desse artigo foi buscar indícios se esses materiais são potencialmente significativos. Para tanto, estes foram aplicados em um estudo piloto de 24 horas. Nessa aplicação foi feita uma avaliação inicial dos materiais, de modo a buscar melhorá-los, através de questionários, mapas conceituais e entrevistas semiestruturadas.

### **Fundamentação teórica**

A teoria que fundamenta os mapas conceituais é a teoria cognitiva de Ausubel (2002). No entanto, trata-se de uma técnica desenvolvida por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos. Ausubel, segundo Moreira (1997), nunca falou de mapas conceituais em sua teoria.

Os mapas conceituais podem ser utilizados para identificar os conhecimentos prévios dos alunos. Isto vem ao encontro da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Segundo Ausubel, quem quer ensinar de modo a promover uma aprendizagem significativa precisa averiguar o conhecimento prévio do aluno e ensinar de acordo, pois este é a variável que mais influencia a aprendizagem de novos conhecimentos.

Para que a aprendizagem significativa ocorra é necessário que o novo conteúdo se relacione interativamente com a estrutura cognitiva do ser que está aprendendo. Para Ausubel, estrutura cognitiva é "uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo" (Moreira, 2004b) e a denominação recebida por esses conceitos já presentes na estrutura cognitiva é "subsunoçores".

Quando os alunos não possuem subsunoçores, uma forma de ajudar a criá-los é através dos organizadores prévios, que em conjunto com os diagramas V e os mapas conceituais são estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa.

A fim de melhorar a aprendizagem em sala de aula, pode-se elaborar uma proposta que considere os conhecimentos prévios dos alunos buscando perceber os subsunçores que estes possuem para partir deles. Na hipótese de não haver subsunçores haverá a necessidade de produzi-los através dos organizadores prévios e sistematizar esses conhecimentos através de várias metodologias, tais como os mapas conceituais e o Vê de Gowin (Moreira, p. 25, 2004b).

Os mapas conceituais são diagramas que apresentam relações hierárquicas entre conceitos, procurando refletir a estrutura conceitual de certo conhecimento através deles. Segundo Moreira (2005), apresentá-los, construí-los, refazê-los, discutir sobre eles, são processos que facilitam a aprendizagem significativa.

Os diagramas V são utilizados para analisar o processo de construção do conhecimento. A Figura 1 é um exemplo de diagrama V. Assim como nos mapas conceituais, apresentá-los, construí-los, refazê-los, discutir sobre eles, são processos que facilitam a aprendizagem significativa.

Alguns pontos principais da aprendizagem significativa estão no diagrama, apresentado na Figura 1, conhecido como diagrama V ou Vê epistemológico de Gowin (Novak e Gowin, 1984).

### **Metodologia do curso**

Foram aplicados pré-teste e pós-teste aos alunos do curso, de modo a perceber se houve indícios de aprendizagem significativa. Além disso, foram também usados questionários abertos, diagramas, mapas conceituais, questões respondidas por eles e respostas a situações-problema, além de fazer observações. Essa avaliação foi quantitativa e qualitativa. Os mapas conceituais, foco desse artigo, foram utilizados para fazer a reconciliação integrativa, mostrando as diferenças e semelhanças entre conceitos, de modo a facilitar a aprendizagem significativa.

Na última aula, foram elaborados, pelos alunos, mapas conceituais que foram apresentados para o grande grupo. Buscou-se, através da análise destes encontrar pontos que precisavam ser melhorados e indícios de aprendizagem significativa.

Na metodologia do curso foram seguidas as seguintes etapas: 1º) revisão bibliográfica; 2º) estudo de materiais alternativos; 3º) elaboração de propostas de sugestões de atividades educacionais; 4º) organização de entrevistas semi-estruturadas, pré-testes e pós-testes; 5º) aplicação do curso; 6º) aplicação das entrevistas, dos pré-testes e pós-testes; 7º) análise dos dados; 8º) melhora do curso; 9º) reaplicação do curso; 10º) reaplicação de entrevistas, dos pré-testes e pós-testes e 11º) análise dos dados para perceber se havia indícios de A.S.

### **Resultados da experiência piloto**

A experiência piloto foi realizada com um grupo de 14 participantes. Destes, 8 eram da Licenciatura em Física, um da Geologia, um da Engenharia de Produção, um mestrando em Ensino de Física e um aluno da Filosofia. Os que não faziam o curso de Licenciatura em Física eram bolsistas do Serviço de Proteção Radiológica (SPR), ou seja, utilizam muitos

conceitos físicos no dia-a-dia. Também participaram do curso dois professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), principalmente, para fornecer importantes contribuições à pesquisa. Sendo assim, todos os alunos já possuíam conhecimentos prévios sobre alguns conceitos que foram trabalhados no curso. Estes foram identificados a partir de testes qualitativos e quantitativos e ensinou-se de acordo. Ao final da pesquisa aplicou-se novamente os testes para buscar indícios de aprendizagem significativa. Tais resultados encontram-se relatados em outro artigo (Parisoto, Moreira, Moro, 2012).

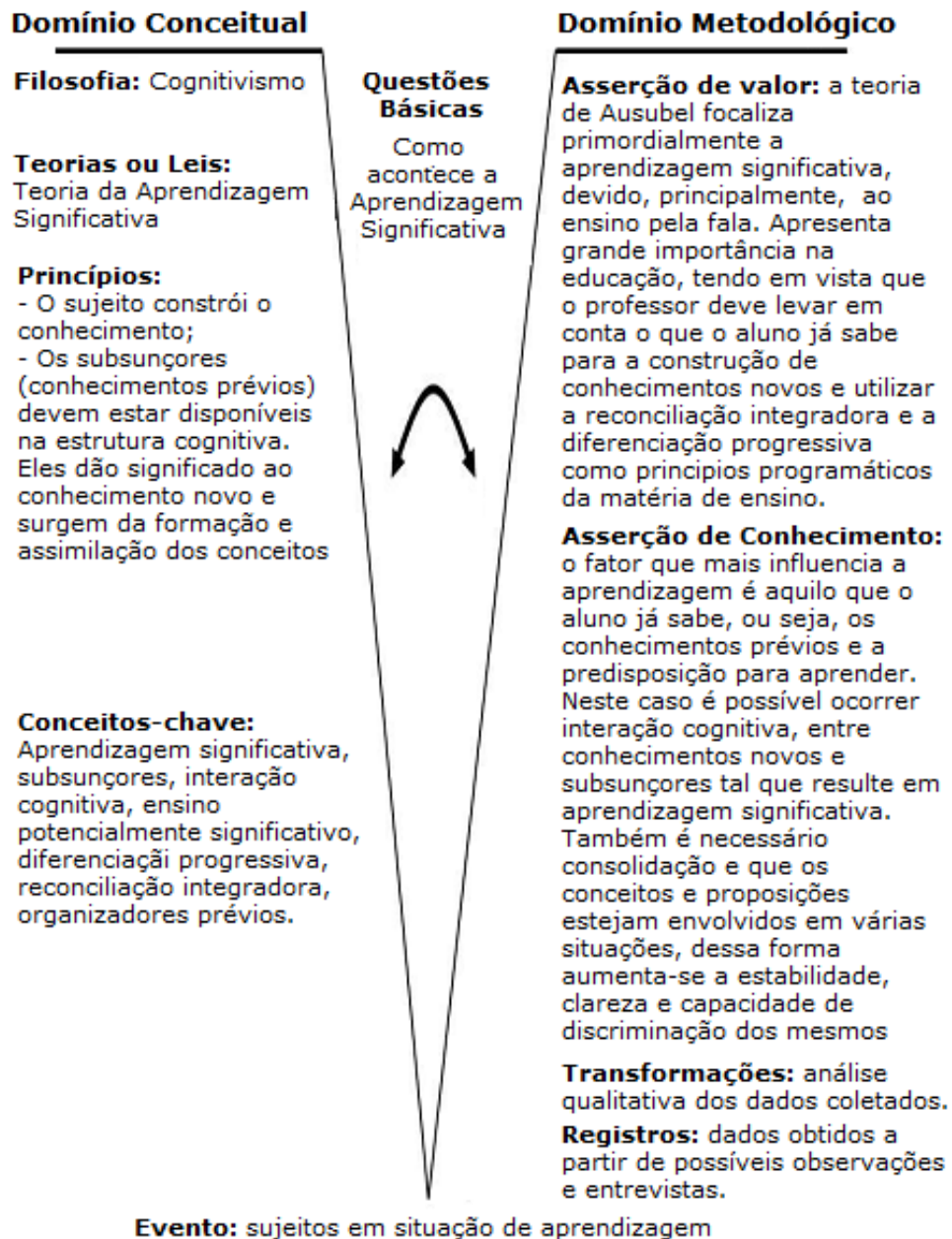


Figura 1.- A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel representada em um diagrama V de Gowin.

Nas últimas décadas tem-se questionado amplamente a utilização de apenas um tipo de instrumento na avaliação da aprendizagem, tendo em

vista que apenas avalia uma parte do processo de aprendizagem, pois esta é muito complexa para ser avaliada somente de uma forma. Esses instrumentos, geralmente, não fornecem ao aprendiz nenhuma possibilidade de mostrar como organizou e construiu seu conhecimento.

Instrumentos convencionais, usualmente do tipo teste de múltipla escolha, frequentemente, estimulam a aprendizagem mecânica e não significativa, falhando em identificar se a estrutura cognitiva do aprendiz foi modificada. E são essas modificações que influenciam na aprendizagem futura, na resolução de problemas e na criatividade.

Os erros, muitas vezes descartados pelos professores, devem ser utilizados para avaliação do processo de ensino e de aprendizagem, pois através do erro se pode ver o que melhorar nas aulas, além deles facilitarem o entendimento de processos cognitivos envolvidos na aprendizagem.

Devido a essas constatações começaram a surgir técnicas alternativas para avaliar a aprendizagem, dentre elas os mapas conceituais, objeto de estudo e de análise do presente artigo.

Segundo Novak, Gowin (1984) os mapas conceituais servem para facilitar o ensino e a aprendizagem, por exemplo, tornando claro, para professores e alunos, as ideias-chave que eles devem focar para aprender e ensinar significativamente determinados conhecimentos, diferenciando-os progressivamente. Depois de terminada uma tarefa de aprendizagem, os mapas conceituais podem mostrar um resumo conceitual do que foi aprendido, podendo também ser utilizados para fazer a reconciliação integrativa.

Mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos, procurando explicitar a estrutura conceitual de um corpo de conhecimentos (Moreira, 2010).

De acordo com Novak, Gowin (1984) os mapas conceituais devem seguir um modelo hierárquico no qual conceitos mais inclusivos estão na parte superior do mapa e os conceitos específicos, pouco abrangentes, estão na parte inferior, pois “a aprendizagem significativa se produz mais facilmente quando os novos conceitos ou significados conceituais são englobados sob conceitos mais amplos, mais inclusivos” (ibid., p. 32). Pode-se ver um exemplo de mapa conceitual hierárquico na Figura 2.

Por outro lado, sempre deve ficar claro no mapa conceitual quais os conceitos contextualmente mais importantes e quais os secundários ou específicos. Setas podem ser utilizadas para dar um sentido de direção a determinadas relações conceituais, mas não obrigatoriamente. As palavras que aparecem sobre as linhas ligando dois conceitos são chamadas de palavras de ligação. Os dois conceitos mais a palavra de ligação formam uma proposição que busca explicitar a relação existente entre os conceitos.

Os mapas conceituais não são autoexplicativos, por isso é importante explicá-los. Através da explicação dos alunos o professor pode encontrar pontos que eles apresentam dificuldades, abordando com mais ênfase tais conteúdos no ensino. Ao mesmo tempo, pode negociar significados com os

alunos, identificar conhecimentos prévios para ensinar de acordo, esclarecer ambiguidades e diferenciar conceitos semelhantes.

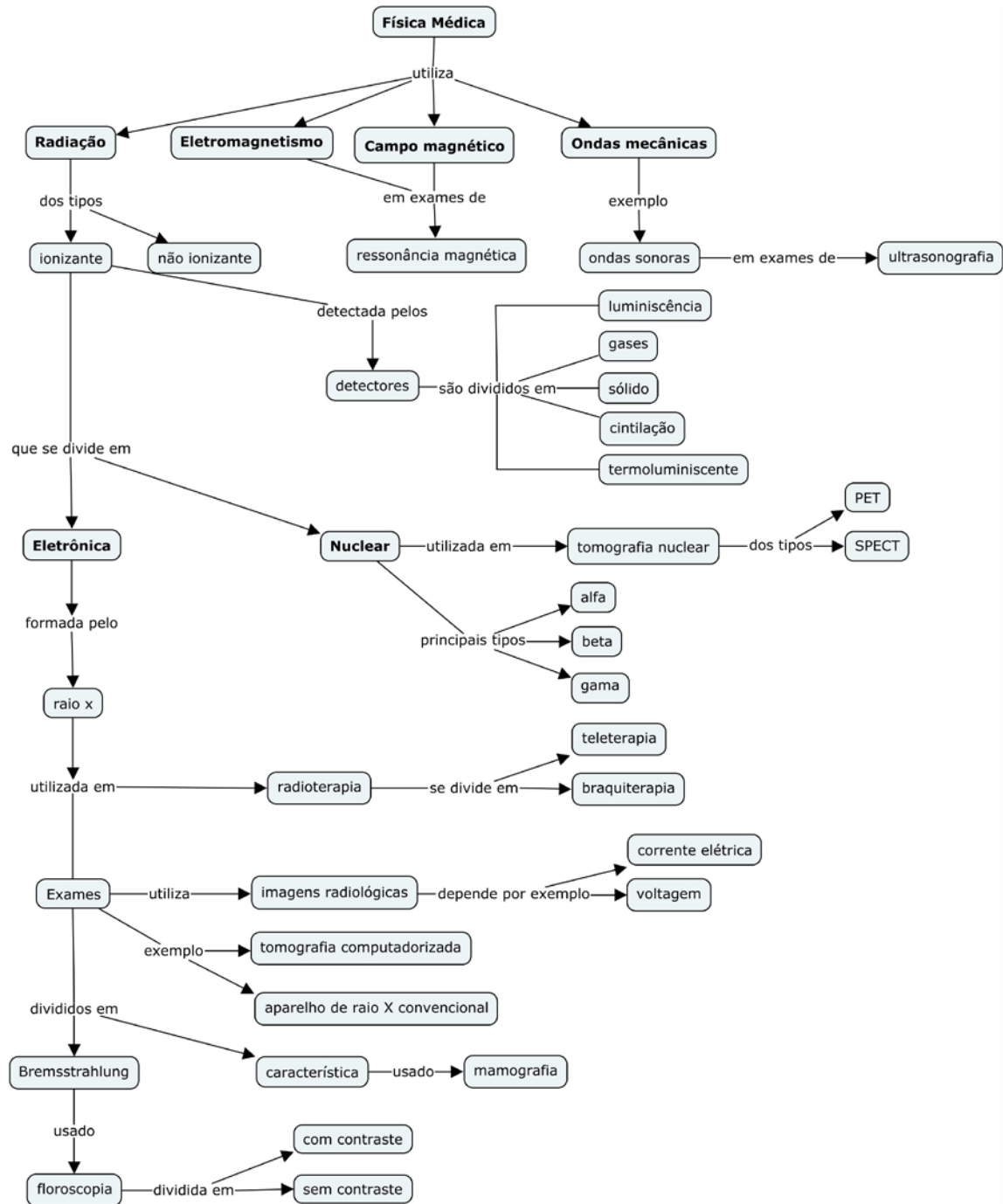


Figura 2.- Exemplo de mapa conceitual, relacionando Física e Medicina.

Também é importante refazer os mapas conceituais. Quando o aluno refaz, ele pensa novamente sobre o assunto, diferencia conceitos, corrige equívocos e ambiguidades, identifica mais conceitos relevantes, hierarquiza o mapa conceitual e isto facilita a aprendizagem significativa. Frequentemente, os alunos não se motivam a fazer novas versões dos mapas conceituais; para ajudar nesta motivação pode-se mostrar a diferença entre duas versões de mapas conceituais, enfatizando a

importância da recursividade para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Sintetizando: é importante, para aprender e ensinar, usando este recurso didático, fazer, apresentar, discutir e refazer os mapas conceituais.

Para ensinar, o professor pode, por exemplo, fazer três versões dos mapas conceituais: 1º) de todo o período letivo; 2º) dos conteúdos a serem vistos no mês; 3º) dos conteúdos a serem vistos na semana. Assim o aluno tem uma noção geral dos conteúdos que serão vistos, por onde ele já passou, aonde ele irá chegar e a relação dos conceitos principais, tendo sempre em vista o caminho que está percorrendo.

Na Figura 2 pode-se ver um exemplo de mapa conceitual, que sintetiza o conteúdo do curso que foi ministrado. Tal mapa conceitual possui caráter descritivo e não explicativo.

O software Cmap Tools (<http://cmap.ihmc.us/>) é utilizado para a confecção dos mapas conceituais, é gratuito, facilita a construção, possibilita a melhora estética do mapa conceitual, através da escolha das cores, da forma, do tamanho das caixas onde ficam os conceitos e das linhas que os ligam. Sendo assim, facilita o pós-processamento do mapa conceitual.

Segundo Dutra, Fagundes e Cañas (2004), o Cmap Tools permite gravar todos os passos da construção dos mapas conceituais e reproduzir todas as modificações realizadas, possibilitando que o professor reveja cada passo da construção do mapa conceitual. Também há a possibilidade de fazer anotações e de haver listas de discussões via internet.

Ligado a esse software pode-se colocar um apoio automatizado de mapas conceituais, conforme sugerem Araújo, Menezes, Cury (2003). Esse programa possibilita ao professor encontrar indícios dos conhecimentos prévios dos alunos, comparar tais conhecimentos com os demais da turma, confrontar os mapas conceituais feitos pelos alunos com os do professor, facilitando a análise dos mesmos principalmente quando as turmas possuem um grande número de alunos. Assim, como sugere Eisner (1981 apud Moreira, 2003), pode-se utilizar análise quantitativa para corroborar a análise qualitativa, pois dois olhares permitem ver com mais profundidade e extensão os resultados do ensinado para os alunos.

No estudo objeto deste artigo utilizou-se, na análise dos mapas conceituais, os critérios de classificação de Dutra, Fagundes, Cañas (2004). Entretanto, achou-se conveniente fazer um apanhado de outras formas possíveis de avaliar os mapas conceituais, para que outros pesquisadores que venham a trabalhar com esta ferramenta possam escolher outras formas de fazer tal análise.

Esses mesmos autores sugerem avaliarmos os mapas conceituais a partir das proposições de ligação. Eles as dividem em três tipos, de acordo com suas implicações:

a) implicação local, são originadas de uma observação direta, ou seja, aquilo que pode ser registrado do objeto apenas da observação de seu contexto e de seus atributos. Este tipo de implicação descreve um objeto

sem explicá-lo; geralmente, utiliza-se, nesse tipo de implicação, verbos de ligação como “é” e “tem”;

b) implicação sistêmica, na qual as palavras de ligação expressam relação de causa e consequência, mas não explicam tal causalidade;

c) implicações estruturais, as quais fornecem explicações e não descrições.

A última fornece mais indicativos de uma aprendizagem significativa do que as duas primeiras.

Araújo, Menezes e Cury (2003) propõem que a análise seja feita a partir: 1) da comparação do mapa conceitual do aluno com a de um especialista; 2) do número de conceitos representados; 3) da ligação entre conceitos; 4) de ligações cruzadas; 5) de níveis hierárquicos; 6) de exemplos citados.

A avaliação do mapa conceitual construído pelo aluno é feita a partir de um conjunto fechado de palavras escolhidas pelo professor, as quais representam os conceitos a serem aprendidos em uma determinada parte do curso. O professor precisa avaliar os conceitos que foram incluídos, os que não foram, relações rotuladas (com significado), relações não rotuladas, quantidade de níveis hierárquicos válidos dentro do mapa conceitual (associações onde o conceito subordinado é menos geral e mais específico do que o conceito desenhado acima dele); ligações cruzadas (relações válidas entre conceitos de diferentes segmentos da hierarquia representados no mapa conceitual, rotuladas e não rotuladas; relações válidas com conceitos representados em outros mapas conceituais) e exemplos incluídos (eventos ou objetos específicos que são partes válidas do conceito).

Pode-se também fazer, ainda segundo Araújo, Menezes, Cury (2003), uma comparação entre o mapa conceitual feito pelo aluno com seus mapas conceituais anteriores, a fim de detectar modificações que indiquem possíveis mudanças no conhecimento do aluno, no sentido de uma aprendizagem significativa, ou indícios de aprendizagem mecânica. Nesse caso o professor deve observar os seguintes tópicos:

a) conceitos não envolvidos com a teoria, que antes apareciam no mapa conceitual do aluno, desaparecem, podendo indicar que concepções equivocadas e/ou incompletas foram resolvidas;

b) se o aluno consegue relacionar mais conceitos específicos a um conceito mais abrangente. Podendo indicar que o aluno está diferenciando um determinado conceito;

c) se um conceito considerado importante estava na primeira versão do mapa conceitual e não está mais na segunda. Isto pode ser um indicativo de que aquela relação havia sido aprendida de forma mecânica e que concepções que já estavam aparentemente sedimentadas foram reformuladas;

d) se o aluno representou um novo relacionamento entre conjuntos de conceitos ou proposições localizados em segmentos diferentes na hierarquia. Este fato pode indicar uma reconciliação integrativa entre os conceitos envolvidos, o que pode sugerir um melhor entendimento deles e suas relações.



e) Novak, Gowin (1984) também propõem um método para analisar os mapas conceituais. Eles sugerem os seguintes critérios de classificação:

1. proposições: atribuir um ponto para cada proposição válida e significativa que apareça no mapa conceitual;

2. hierarquia: atribuir 5 pontos para cada nível hierárquico válido;

3. ligações cruzadas: atribuir 10 pontos para cada relação cruzada que seja simultaneamente válida e significativa e 2 pontos para cada relação cruzada que seja válida, mas que não traduza qualquer síntese entre grupos de proposições ou conceitos relacionados;

4. exemplos: os acontecimentos ou objetos concretos que sejam exemplos válidos do que designam os termos conceituais podem valer um ponto cada;

5. comparação dos mapas conceituais feitos pelos alunos com um mapa conceitual de referência construído pelo professor, sendo fornecida a pontuação a partir desta comparação.

Cabe lembrar que a comparação com o “mapa conceitual do professor” pode dar um viés comportamentalista ao uso de mapas conceituais.

Os alunos, individualmente, apresentaram no último dia do curso, painéis sobre equipamentos médicos. Estes eram formados por quadros brancos nos quais foi colado uma imagem do equipamento e suas partes. Os alunos explicaram as partes principais, o funcionamento, os conceitos físicos envolvidos, as vantagens e desvantagens de cada um, tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente, organizando-os em ordem histórica do seu surgimento. Fazendo assim a reconciliação integrativa proposta por Ausubel (2002) e incentivando a crítica, como propõe a Teoria da Aprendizagem Crítica de Moreira (2005).

Além dos painéis, os alunos utilizaram mapas conceituais para sistematizar o conteúdo estudado, apresentando-os para os colegas. Optou-se por uma apresentação individual, pois tinha-se por objetivo ver o entendimento sobre o assunto que cada aluno possuía.

Os assuntos utilizados para fazer a reconciliação integrativa final foram: Medicina Nuclear, Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) e Tomografia por Emissão de Fóton Único (SPECT); Radioterapia (teleterapia e braquiterapia); Ressonância Magnética Nuclear (RMN); Ultrassonografia; Tomografia e seus diferentes tipos; Fluoroscopia; Mamógrafo; Máquina de Raios-X; Detectores de radiação e formadores da imagem radiológica.

Os alunos tiveram duas horas para montar os painéis, fazer os mapas conceituais e preparar a apresentação. Tal atividade foi realizada através da interação dos alunos com o material didático, com o professor e entre eles.

Posteriormente, cada aluno, individualmente, apresentou seu mapa conceitual e os painéis, fazendo uma linha histórica no quadro. Cada aluno tinha 10 minutos para realizar a apresentação. Por fim, foi feito, em conjunto com os alunos, um mapa conceitual sintetizando os pontos fundamentais do curso, resultando aquele apresentado na Figura 2.

## **Discussões**

Segundo Moreira (1980), os mapas conceituais:

[...] embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo é preferível usá-los quando os alunos já têm certa familiaridade sobre o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados dos conceitos.

Por esse motivo, optou-se por fazer a reconciliação integrativa final a partir de mapas conceituais, pois após os alunos já terem visto o assunto, possuíam mais facilidade de montar um mapa conceitual com os conceitos presentes em sua estrutura cognitiva, podendo mostrar o que aprenderam e a forma como pensavam. A partir da análise dos mapas conceituais identificou-se os pontos a melhorar no curso, o que mostrou-se necessário enfatizar mais, os conceitos nos quais encontraram-se indícios de aprendizagem significativa, enfim os mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos forneceram bons indicativos para guiar a continuidade da pesquisa.

Empregaram-se as categorias de análise dos mapas conceituais propostas por Dutra, Fagundes, Cañas (2004). Foram utilizadas tais categorias, pois não houve a construção de mapas conceituais anteriores pelos alunos, para que houvesse uma avaliação entre eles, como proposto por Araújo, Menezes, Cury (2003). Em outros trabalhos pretende-se utilizar as categorias de análise propostas por Novak, Gowin (1984) e comparar com os resultados encontrados na presente análise.

Na sequência, há 3 mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos que possuem por característica principal cada uma das três divisões feitas por Dutra, Fagundes, Cañas (2004) e por último mais um mapa conceitual que possui, a implicação local e sistêmica.

A Figura 3 tem como característica principal a implicação local, entretanto há também a implicação sistêmica.

Nos subconjuntos conceituais 1, 2, 3 e 4 (indicados no mapa com três retângulos e uma elipse) há implicações locais, caracterizadas pelas palavras de ligação derivadas de "é" e "tem". Tais derivações correspondem ao resultado de uma observação direta, ou seja, aquilo que pode ser registrado do objeto apenas da observação de seu contexto e de seus atributos. Nesse mapa são implicações locais: 1º) a radiação gama é a emissão de dois fótons em sentidos opostos; 2º) a radiação gama é detectada pelo detector; 3º) a Medicina Nuclear é dividida em PET e SPECT; 4º) na PET tem radiofármacos. Nos quatro casos há apenas descrição e não explicação. Esta descrição caracteriza-se por ser direta e por identificar o que os conceitos são e têm.

As demais ligações entre os conceitos utilizados no mapa conceitual também possuem caráter descritivo. Entretanto, expressam relação de causa e consequência, não justificando o porquê desta relação, caracterizando-se como implicação sistêmica.

Pode-se exemplificar a afirmação do parágrafo anterior pela proposição: "radioisótopos emitem pósitrons e estes se aniquilam com os elétrons produzindo radiação gama". O aluno construiu uma proposição onde a

emissão de radioisótopos causa a emissão de radiação gama devido à aniquilação de matéria (elétron) e antimatéria (pósitron).

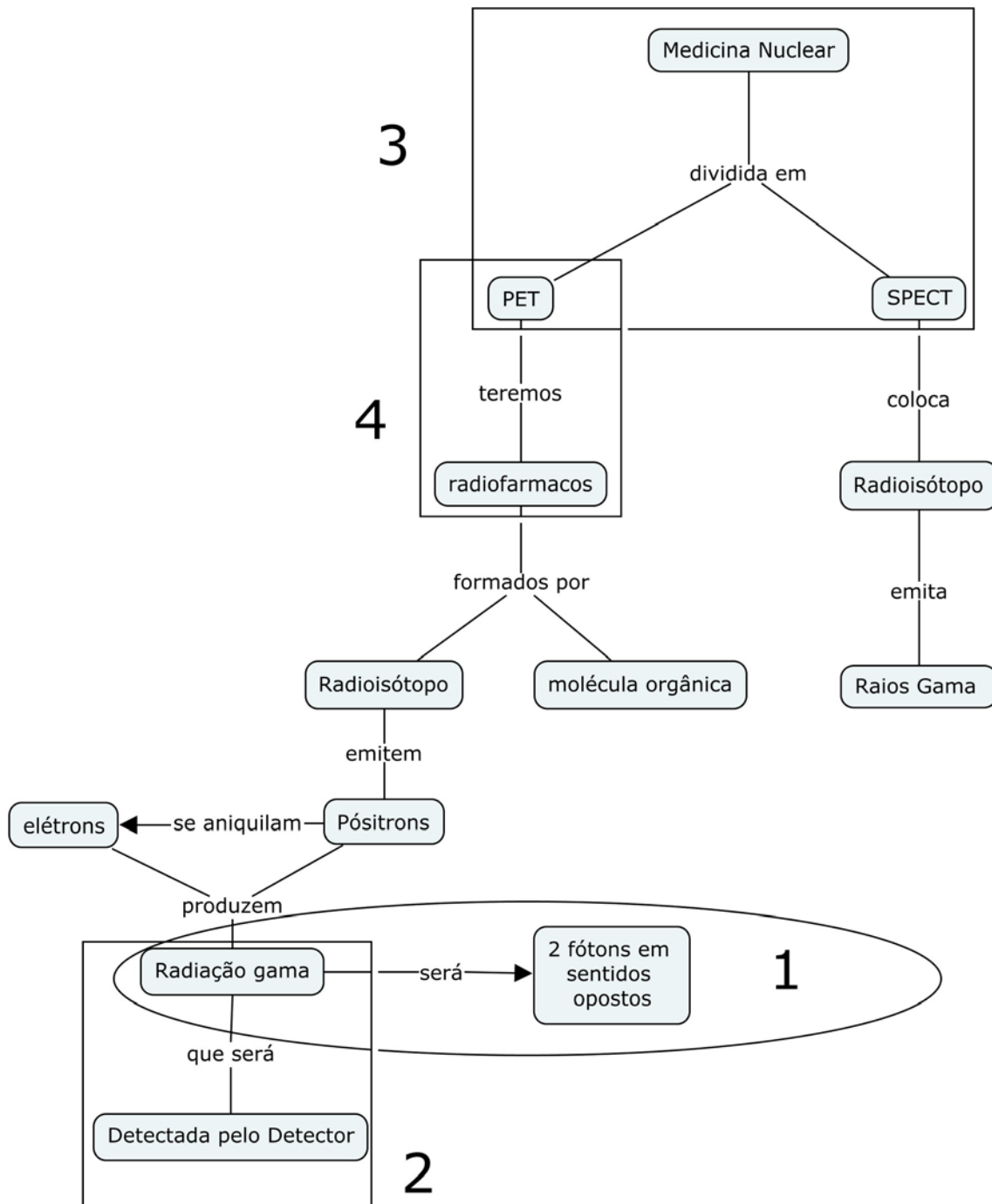


Figura 3.- Mapa conceitual referente à Medicina Nuclear, utilizando implicações locais e sistêmicas.

A última proposição encontrada nesse mapa conceitual é: “na SPECT coloca-se um radioisótopo que emite raios gama”, também possui um caráter descritivo, pois não explica, por exemplo, como coloca-se esse radioisótopo no corpo, quais são as características desse radioisótopo e como ele emite raios gamas

Na Figura 4 há um mapa conceitual que apenas utiliza implicação sistêmica. Pode-se justificar essa afirmação pela seguinte proposição contida no mapa conceitual do aluno: "no paciente são injetados radioisótopos, que liberam pósitrons, interagem com a matéria (elétrons), se aniquilam liberando fótons de raios gama sendo captados pelo aparelho por meio de detectores (colimadores mais fotomultiplicadores) e são analisados pelo computador".

Na Figura 5 há um mapa conceitual referente à fluoroscopia. Classificou-se tal mapa conceitual como sendo de caráter principalmente de implicação estrutural, embora também apresente proposições de implicação sistêmica. Na sequência, apresenta-se a divisão entre as proposições sistêmicas e estruturais.

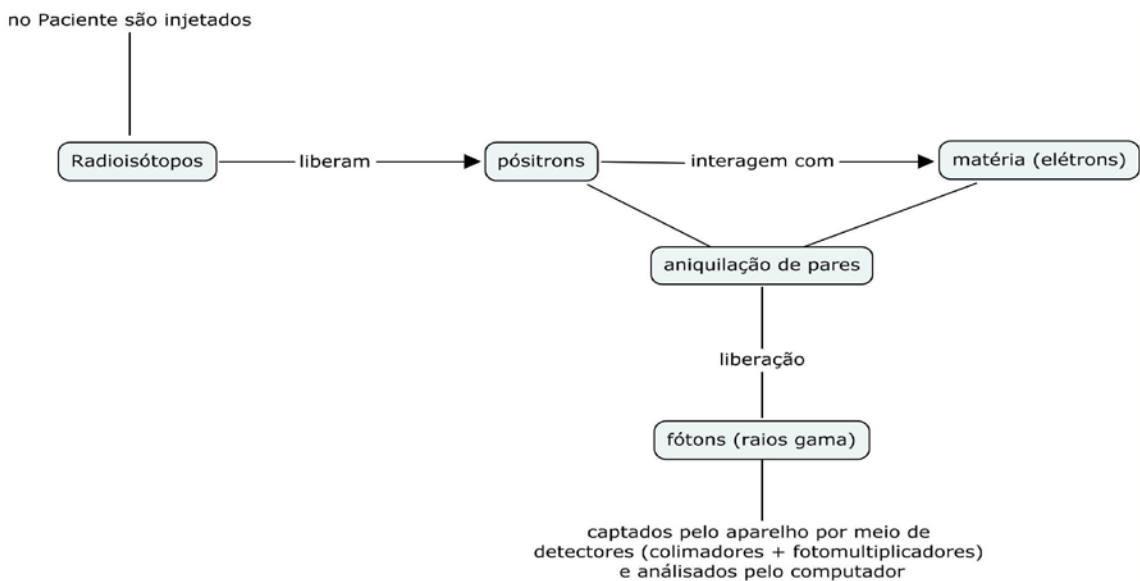


Figura 4: mapa conceitual da PET, utilizando apenas implicação sistêmica.

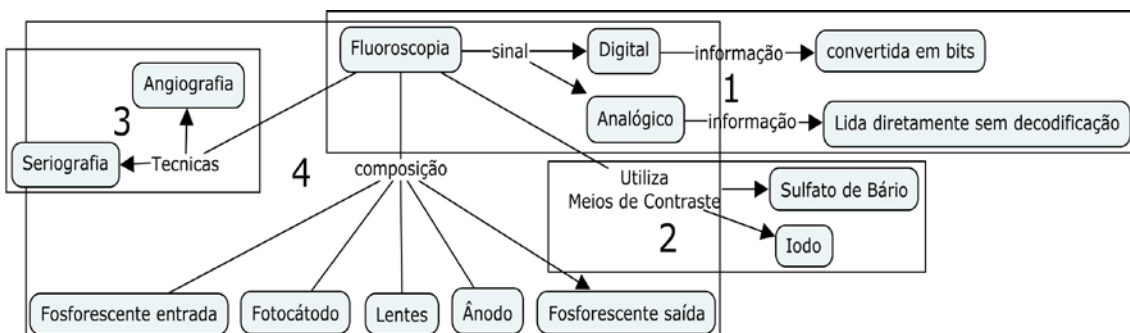


Figura 5.- Mapa conceitual sobre fluoroscopia, utilizando preposição sistêmica e estrutural.

Proposições sistêmicas, destacados na figura 5, respectivamente, com 1, 2 e 3: 1º) "a fluoroscopia utiliza sinal digital e analógico. No sinal digital tal informação é convertida em bits e no sinal analógico as informações são lidas diretamente sem decodificações"; 2º) "a fluoroscopia utiliza como meios de contraste o sulfato de bário e o iodo"; 3º) "a fluoroscopia utiliza as técnicas da angiografia e da seriografia".

A proposição estrutural está destacada, na figura 5, com o número 4: “na fluoroscopia há um intensificador de sinal. Para intensificar o sinal os Raios-X incidem na tela fosforescente de entrada, onde os Raios-X são transformados em raios de luz visível, que são focalizados através de lentes convergentes para o cátodo. No cátodo são arrancados elétrons através do efeito fotoelétrico, esses elétrons são acelerados através de uma diferença de potencial entre o cátodo e o ânodo. No ânodo esses elétrons são transformados em fótons através da produção de radiação característica e/ou de freamento. Esses elétrons ao incidirem sobre a tela fosforescente de saída arrancam mais fótons que os fótons incidentes, amplificando, dessa forma, o sinal”.

Há alguns pontos que mereceriam ser mais explicados na proposição feita pelo aluno, por exemplo, quais fatores dependem para que ocorra o efeito fotoelétrico, o que é efeito fotoelétrico, como ele ocorre, como a radiação de Raios-X é transformada em luz visível, como a luz visível arranca fótons do fotocátodo, o que é radiação característica e de freamento, por que os fótons de saída são mais numerosos que os fótons de entrada.

Outro ponto fundamental a ressaltar é que muitas informações que o aluno falou na apresentação não foram colocadas no mapa conceitual. Neste caso pode-se perceber a importância da externalização e de solicitar para o aluno colocar no mapa conceitual esses conceitos que externalizou, fazendo as ligações que considerar pertinente.

Na Figura 6 observa-se um mapa conceitual que contém implicações local e sistêmica. Para deixar mais claro dividiu-se o mapa conceitual em três grupos. No primeiro há uma implicação local, no segundo e no terceiro grupos há implicações sistêmicas. Na sequência há a análise das proposições para justificar tal divisão.

No grupo 1 há a seguinte proposição: “os elétrons são acelerados”. É uma observação direta e, portanto, uma implicação local.

No grupo 2 há duas proposições separadas: 1º) “os detectores de radiação são divididos em: gás, termoluminescência e cintilação. Os detectores de termoluminescência, por exemplo, os dosímetros, acumulam radiação e devido à transferência de calor emitem radiação que torna-os novamente utilizáveis”; 2º) “os detectores de radiação de cintilação usam radiação ionizante que é transformada em luz visível, que vai arrancar elétrons através do efeito fotoelétrico, que serão acelerados gerando um energia maior do que a radiação ionizante”. Ambas as proposições apresentam relações de causa e efeito.

No terceiro grupo há a seguinte proposição: “os detectores a gás dependem da voltagem do eletrodo e da quantidade de gás, isto consegue-se através do aumento da pressão e/ou da utilização de uma câmara maior”. Essa proposição também é apenas descritiva, o aluno não explica por que a detecção de radiação depende da voltagem do eletrodo e da quantidade de gás; por que se for aumentada a pressão e/ou o tamanho da câmara o detector será mais sensível à presença de radiações ionizantes.

Foram feitas as análises das palavras de ligação e das proposições dos 12 mapas conceituais apresentados.

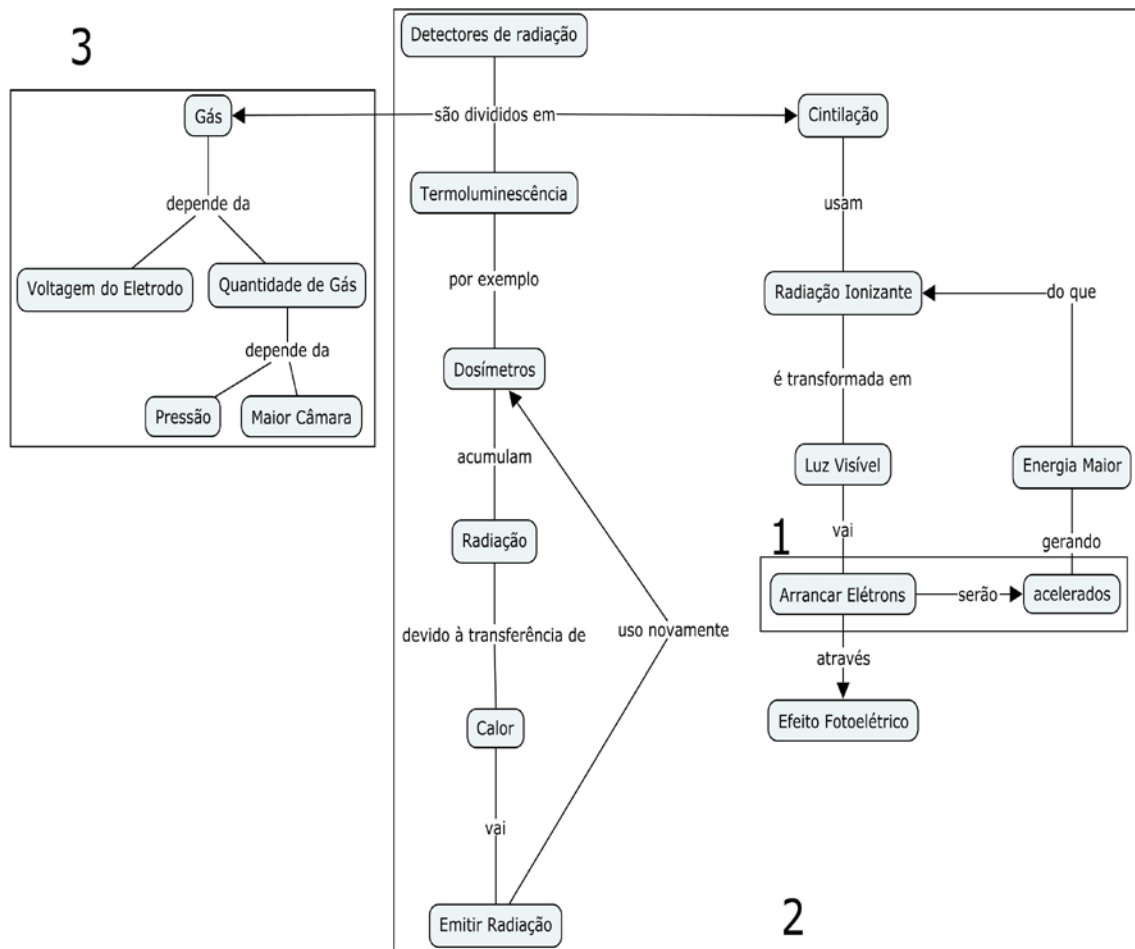


Figura 6.- Mapa conceitual referente aos detectores de radiação, com implicações locais e sistêmicas.

Constatou-se que, dos mapas conceituais analisados, 10 possuíam maior ênfase nas implicações do tipo sistêmica, ou seja, a maioria dos mapas conceituais não foram explicativos, mas apresentaram caráter descritivo.

Extraíu-se dessa análise as seguintes conclusões para as próximas aplicações do curso:

- a) é fundamental, para a análise dos mapas conceituais, que sejam gravadas as explicações dos alunos e também que se solicite a eles que entreguem a explicação dos mapas conceituais;
- b) é importante fornecer oportunidade de os alunos refazerem os mapas conceituais para que se possa avaliar as modificações decorrentes da instrução e dessa forma buscar indícios de aprendizagem significativa e;
- c) dar maior ênfase, no curso, às explicações e menor ênfase às descrições.

### Conclusões

Muitos autores tais como Ausubel (2002), Moreira (2005), Toulmin (1977), Vergnaud, Moreira, (2004a) se referem à importância da conceitualização; nesse sentido, a utilização da Física aplicada à Medicina

pode servir como elemento motivador, bem como de subsunção para o aprendizado de conceitos físicos.

Poucos são os materiais didáticos que se baseiam na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (2002) e principalmente na Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) de Moreira (2005). Esta pesquisa procurou diminuir essa lacuna, fazendo materiais que utilizam essas teorias em seu embasamento, resultando em dois textos de apoio (Parisoto, Moro, 2010a; Parisoto, Moro, 2010b).

Essa pesquisa também visou melhorar qualitativamente e quantitativamente os materiais instrucionais existentes sobre o Eletromagnetismo, Óptica, Física Moderna e Contemporânea, sob o enfoque da TAS e da TASC, pois muitas vezes, esses tópicos não são abordados no Ensino Médio por falta de materiais desenvolvidos para tal finalidade.

Através da análise dos mapas conceituais percebeu-se algumas lacunas na fase inicial da pesquisa, indicando, dessa forma, caminhos a serem melhorados para as próximas aplicações. Concluímos que precisa-se deixar os alunos refazerem os mapas conceituais para buscar indícios de aprendizagem significativa; dar maior ênfase no curso às explicações e menos às descrições; gravar as explicações e discussões que ocorrem em torno dos mapas conceituais e recolher a explicação escrita do autor do mapa conceitual.

### **Implicações**

A relevância didática e acadêmica deste trabalho está no fato dele proporcionar uma discussão acerca de novas possibilidades para ensinar Física, utilizando materiais instrucionais alternativos visando tornar as aulas potencialmente significativas. Dessa forma, cria-se um espaço interativo e criativo que favorece a aprendizagem, buscando aplicações de Eletromagnetismo, Óptica, Física Moderna e Contemporânea na Medicina, visando contribuir para melhorar o Ensino de Física no Ensino Básico, Técnico e Superior.

Também deseja-se, na continuação da pesquisa, utilizar as outras possibilidades de avaliar os mapas conceituais e confrontar as avaliações feitas pelos autores, para buscar identificar se há convergência entre elas.

### **Referências bibliográficas**

Araújo, A. M. T.; Menezes, C. S. de M. e Cury, D. (2003). Apoio automatizado à avaliação da aprendizagem utilizando mapas conceituais. *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 287- 296.

Ausubel, D. P. (2002). *Retenção e aquisição de conhecimento: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano.

Dutra, Í. M.; Fagundes, L. da C. e Cañas, A. J. (2004). Uma proposta de uso dos mapas conceituais para um paradigma construtivista da formação de professores a distância. Workshop sobre informática na escola. *Anais eletrônicos*. Recuperado de [http://mapasconceituais.cap.ufrgs.br/producoes/arquivos\\_producoes/producoes\\_5/mapas\\_prof.pdf](http://mapasconceituais.cap.ufrgs.br/producoes/arquivos_producoes/producoes_5/mapas_prof.pdf).

Moreira, M. A. (1980). Mapas Conceituais como Instrumentos para Promover a Diferenciação Conceitual Progressiva e a Reconciliação Integrativa. *Ciência e Cultura*, 32, 4, 474-479.

Moreira, M. A. (1997). *Mapa conceitual e aprendizagem significativa*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

Moreira, M. A. (2003). Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos. *Textos de Apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos*, 5, 1, 101-136.

Moreira, M. A. (2004a). *La teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud: la Enseñanza de las Ciencias y la Investigación en el Área*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

Moreira, M. A. (2004b). *A teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel*. São Paulo: EPU.

Moreira, M. A. (2005). *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

Moreira, M. A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro Editora.

Novak, J. D. e Gowin, B. (1984). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano.

Parisoto, M. F.; Moreira, M. A., e Moro, J. T. (2012). Utilizando triangulação de dados para encontrar melhor estratégia para ensinar conceitos de Física aplicados à Medicina. *Submetido à publicação*.

Parisoto, M. F. e Moro, J. T. (2011a). *O ensino de conceitos do Eletromagnetismo, Óptica, Ondas e Física Moderna e Contemporânea através de situações na Medicina: 1º parte*. Porto Alegre: Textos de Apoio ao Professor de Física.

Parisoto, M. F. e Moro, J. T. (2011b). *O ensino de conceitos do Eletromagnetismo, Óptica, Ondas e Física Moderna e Contemporânea através de situações na Medicina: 2º parte*. Porto Alegre: Textos de Apoio ao Professor de Física.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: el uso colectivo y evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.

Vygosky, L.S. (2008). *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes.