

Laser de rubi: uma abordagem baseada em unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS)



Daniela Schittler¹, Marco Antonio Moreira²

¹*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS 527 – Estrada de Acesso Secundário, Tupanciretã, Distrito de São João do Barro Preto, CEP 98130-000 – Júlio de Castilhos, Rio Grande do Sul/RS.*

²*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, Av. Bento Gonçalves, 9500, Campus do Vale CEP 91501-970 - Porto Alegre, Rio Grande do Sul/RS.*

E-mail: danischittler@jc.iffarroupilha.edu.br

(Recibido el 10 Febrero 2014; aceptado el 28 de Junio de 2014)

Resumen

Este artigo apresenta o estudo-piloto de uma Tese de doutorado em ensino de física, laser de rubi: uma abordagem baseada em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). O projeto contempla uma real proposta de trabalho para a inserção de alguns tópicos de física moderna e contemporânea (FMC) no primeiro ano do ensino médio através de uma UEPS. Um dos objetivos do trabalho é introduzir tópicos de FMC desde o primeiro ano do ensino médio explorando limites clássicos. O estudo-piloto foi aplicado no segundo semestre de 2012, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha - Câmpus Júlio de Castilhos - RS. Dez meses depois da execução do estudo-piloto a pesquisadora aplicou um questionário com o intuito de verificar indícios de que a UEPS tenha contribuído efetivamente com a aprendizagem significativa dos alunos envolvidos no estudo.

Palabras clave: Aprendizagem Significativa, Laser, Ensino de Física.

Abstract

This paper presents a pilot study of a Doctoral Thesis in Physics Teaching, Ruby Laser: An approach based on Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU). The research design features a real working proposal for the inclusion of some topics of Modern and Contemporary Physics (MCP) in the first year of high school through a PMTU. One goal of our work is to introduce FMC topics since the first year of high school exploring classical limits. This pilot study was implemented in the second half of 2012, at the Federal Institute of Education, Science and Technology Farroupilha - Campus Júlio de Castilhos – RS, Brazil. Ten months after the implementation of the pilot study the researcher applied a questionnaire in order to look for evidences that the PMTU could have effectively contributed to meaningful learning of the students involved in the study.]

Keywords: Meaningful Learning, Laser, Physics Teaching.

PACS: 01.40.Gm, 01.40.gb, 01.40.ek

ISSN 1870-9095

I. INTRODUÇÃO

No século passado ocorreram grandes avanços tecnológicos, principalmente na escala microscópica. As crianças e os jovens de hoje parecem possuir, por natureza, habilidade e facilidade em compreender os novos dispositivos eletrônicos. A realidade de uma criança é nascer e ter contato quase que imediato com as novas tecnologias. A escola não pode continuar ignorando essa realidade, pois mesmo a Física do século XIX não é contemplada na sala de aula de modo a discutir tópicos de dispositivos da época. Diante deste contexto é indispensável inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio, nos quais esses avanços tecnológicos estão fundamentados.

Com a inserção de conceitos quânticos, por exemplo, na Física do Ensino Médio as aulas estariam mais próximas da realidade do aluno e, dessa forma, poderiam ser mais interessantes e participativas. No entanto, detectamos dois problemas apresentados em estudos anteriores [1, 2, 3]: a) a maioria dos professores de Física do Ensino Médio não está preparada para discutir conceitos básicos de FMC; e b) os programas a serem cumpridos são extensos e passam a ser não compatíveis com a carga horária oferecida nas escolas públicas de Ensino Médio. Em contrapartida, estudantes de pós-graduação, por exemplo, realizam vários estudos para introduzir a FMC com novas metodologias e abordagens no Ensino Médio, elaboram textos de apoio aos professores, realizam cursos de extensão para alunos do curso de física licenciatura e para professores atuantes na área como

tentativa de começar uma mudança no programa e nas estratégias de ensino da disciplina de física no ensino médio.

Porém, temos muito a fazer. As pesquisas realizadas precisam chegar e permanecer nas escolas e não pertencer ao domínio de uma minoria de pesquisadores. Além disso, devemos tornar a pesquisa mais próxima e viável da realidade das escolas públicas brasileiras. Para isso, precisamos instigar o professor de Ensino Médio a tomar como problema dele a física moderna e contemporânea, reconhecer que esse conhecimento é uma necessidade do aluno e, ainda, apresentar uma real proposta de trabalho. O presente estudo pretende viabilizar a compreensão de um modelo semi-clássico e de um princípio fundamental da física clássica, que são o modelo do átomo de Bohr e o princípio da conservação do momento angular. Com o uso destes fundamentos físicos discutiremos o efeito laser e o laser de rubi no primeiro ano do ensino médio através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

II. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é introduzir conceitos fundamentais de física clássica, moderna e contemporânea no primeiro ano do ensino médio através de uma UEPS explorando limites da física clássica.

O tema do estudo laser de rubi possui especificamente os objetivos de discutir: 1.) a inserção de um tópico de FMC no primeiro ano do ensino médio, tornando as aulas de física mais próximas à realidade do aluno; 2.) a inserção no ensino médio de um princípio fundamental da física clássica que é o princípio da conservação do momento angular; 3.) a inserção de um modelo semi-clássico da Física, que permite debater alguns aspectos da estrutura da matéria, que é o modelo do átomo de Bohr; 4.) o próprio efeito laser, níveis de energia, quantização da energia, inversão de população, emissão estimulada e o caso específico laser de rubi. Entende-se que o laser de rubi é uma radiação eletromagnética emitida na frequência da cor vermelha devido à presença de impurezas na proporção de 1% de cromo no óxido de alumínio Al_2O_3 e é nelas que ocorre a inversão de população que origina o laser [4]; 5.) com (1) e (2) por argumentação, o Efeito Laser e o dispositivo laser que aparece em muitos equipamentos modernos; 6.) onde o laser se faz presente: leitores de CD, substituir velas em motores de carros, sistema de escuta a laser FGLD-786, dispositivos anticoagulantes a laser; a Rússia estuda equipar com seus dispositivos a laser os aparatos voadores; canetas, aparelhos cirúrgicos, entre outros; 7.) a inserção de Tópicos de FMC no programa de Vestibular e de Provas Seriadas da Universidade Federal de Santa Maria a partir de 2013; 8.) a viabilidade do projeto por dispor de poucas horas/aula já que o programa do primeiro ano do ensino médio é extenso.

III. REFERENCIAL TEÓRICO

O trabalho de pesquisa está baseado principalmente na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel [5, 6].

Segundo Ausubel, existem algumas condições necessárias para a ocorrência de aprendizagem significativa: a existência de um material potencialmente significativo, isto é, um material didático capaz de facilitar a captação de significados, a disponibilidade de uma estrutura cognitiva adequada que permita a subsunção, a disposição do aluno para aprender e um professor que mostre satisfação em ensinar [1]. Nessa linha desenvolveu-se o conceito de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas [7] baseadas na teoria da aprendizagem de David Ausubel [5, 6], em visões clássicas e contemporâneas [8, 9, 10], nas teorias de educação de J. D. Novak [11] e de D. B. Gowin [12]; na teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud [13, 14] e na teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird [15, 16].

A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Laser de Rubi foi elaborada com base nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) que apresentam os seguintes passos [7]:

1. Criar/propor situação(ões) – discussão, questionário, mapa conceitual, situação-problema – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceite ou não-aceite no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta.
2. Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema ainda que introdutórias devem envolver, desde já, o tópico a ser ensinado; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas para isso o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); 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, mas sempre de modo acessível e problemático, isto é, não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo.
3. Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, isto é, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição seguida de atividade colaborativa em pequenos

grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo.

4. Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de uma breve exposição oral, de um recurso computacional, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, e deve necessariamente envolver negociação de significados e mediação do professor.

5. Concluindo a unidade, dar continuidade ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser uma breve exposição oral, leitura de um texto, recurso computacional, áudio-visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; 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.

6. A avaliação da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação anotando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo da mesma; além disso, deve haver uma avaliação somativa após o quinto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por especialistas; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá ser baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (registros do professor) como na avaliação somativa.

7. A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa.

IV. CONTEXTO

No ano de 2012, executamos a primeira aplicação do projeto a qual denominamos de estudo-piloto. Implementamos esse estudo no Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha – Câmpus Júlio de Castilhos-RS em duas turmas do curso técnico integrado em informática. As turmas denominadas Info-1A e Info-1B possuíam o total de trinta e dois alunos, sendo dezesseis de cada turma. As duas turmas foram divididas em oito grupos de quatro integrantes. Como forma de identificação, motivação, e preservação da identidade dos componentes, cada grupo foi identificado por uma cor:

1) Turma Info 1A: Grupo Azul, Grupo Amarelo, Grupo Roxo e Grupo Rosa e,

2) Turma Info 1B: Grupo Vermelho, Grupo Verde, Grupo Preto e Grupo Laranja. Este trabalho foi aplicado novamente no ano de 2013, em cinco turmas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha – Câmpus Júlio de Castilhos, duas turmas do curso técnico integrado em informática e três turmas do curso técnico integrado em agropecuária. Também no ano de 2013, após dez meses da conclusão do projeto-piloto alunos das turmas Info-1A e Info-1B responderam um questionário para buscar evidências de uma possível aprendizagem significativa. Tendo em vista o tempo decorrido, do total de 32 alunos de 2012, só foi possível localizar 15 alunos para reavaliar a UEPS e 5 grupos (Verde, Amarelo, Roxo, Rosa e Preto).

V. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa do trabalho está fundamentada na pesquisa qualitativa (Moreira, 2010), considerada mais adequada diante do tema abordado (Laser de Rubi) e do contexto (meio escolar). Por pesquisa qualitativa entende-se aqui aquela que envolve a obtenção de registros descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar, interpretativamente, a perspectiva dos participantes.

A metodologia didática aplicada neste trabalho é baseada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). A UEPS construída contempla o princípio da conservação do momento angular, o modelo do átomo de Bohr, a quantização da energia, o diagrama de Níveis de energia para o átomo de hidrogênio, a inversão de população, o efeito laser e laser de rubi. Esta UEPS construída com o tema laser possui os seguintes passos:

I) Tarefa inicial: os grupos são incentivados a elaborar um mapa livre¹ com o uso de fichas com as palavras – física – princípio da conservação do momento angular – quantização de energia – modelo do átomo de Bohr – inversão de população – diagramas de energia – laser – laser de rubi - inovações – cirurgias – canetas. Após realizar a tarefa cada grupo filma suas explicações individualmente para não interferir nas explicações do próximo grupo. A atividade envolve duas horas/aula.

¹Estamos aqui denominando Mapas Livres diagramas nos quais se pode associar livremente as palavras dadas com quaisquer outras segundo critérios de quem os faz.

II) Situações-problema iniciais: II.1) Os alunos respondem em seus grupos um questionário, para depois discutir com o grande grupo: (a) O que você já leu, ouviu, ou viu sobre Laser? (b) Esta aplicação da física envolve a física clássica ou a física moderna? (c) Qual das físicas citadas na pergunta anterior você estuda no ensino médio? (d) Qual das Físicas citadas na pergunta anterior você percebe implicações na sua vida? (e) Dê alguns exemplos de implicações da física no seu dia-a-dia.

II.2) Leitura coletiva do texto *os fundamentos da luz laser*, publicado na *Revista Física na Escola*, volume 2, número 2, ano 2001 [17]. Nessa atividade os grupos destacam as palavras do texto não compreendidas. A atividade envolve três horas/aula.

III) Aprofundando conhecimentos: III.1) Com os dados coletados na atividade do mapa livre, nas respostas do questionário e nas palavras destacadas durante a leitura coletiva do texto, os conceitos propostos na UEPS são trabalhados de forma ordenada e sistemática, através de filmes, slides, material disponível na internet, texto de apoio do Grupo de Ensino da Física – GEF da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM e aulas expositivas e dialogadas, sendo os alunos sempre estimulados a participar de todas as discussões.

III.2) Os grupos retomam o texto *Os fundamentos da luz laser* e, constroem um esquema ou um resumo para melhor entendê-lo. A etapa III se desenvolve em aproximadamente 6 horas/aula.

IV) Nova Situação-Problema: IV.1) Os alunos em grupo pesquisam uma aplicação do Laser e apresentam aos colegas. A pesquisa é realizada como tarefa de casa e a apresentação envolve uma hora/aula. IV.2) Os grupos constroem um mapa conceitual² da UEPS. Esta atividade ocupa 3 horas/aula.

V) Avaliação somativa individual: os alunos são avisados com antecedência e lhes será proposto as seguintes questões abertas: 1. No texto, *Os fundamentos da luz laser*, publicado na *Revista Física na Escola*, volume 2, número 2, ano 2001, encontramos a seguinte frase: “*Funcionando como fonte de luz de características únicas, o laser possui propriedades especiais que o tornam um excelente instrumento de uso científico e tecnológico.*” Quais são estas propriedades especiais que o texto se refere. 2. De forma sucinta descreva como se forma a **Luz Laser**. 3. Justifique o nome **Laser de Rubi**. 4. Com base nos trabalhos apresentados sobre as **aplicações da luz laser**, escolha um para descrever. 5. Avalie a sua aprendizagem e as aulas de Física desde a construção do mapa livre. A atividade é desenvolvida em uma hora/aula.

VI) Aula expositiva dialogada integradora final: a professora juntamente com os alunos retoma os conceitos através de um mapa conceitual. Salientando a importância do laser, sua utilização, seus benefícios e seus malefícios,

recordando as explicações de cada grupo. Essa atividade necessita de 1 hora/aula.

VII) Avaliação da aprendizagem da UEPS: A avaliação é baseada nas atividades realizadas: na comparação entre o mapa livre e o mapa conceitual, na apresentação de uma aplicação do laser, no material confeccionado para a apresentação e na avaliação somativa individual.

VIII) Avaliação da própria UEPS: a professora avalia a forma em que foi abordado o tema laser de rubi em função de seus resultados e da avaliação dos alunos, se necessário serão reformuladas algumas atividades. As atividades desenvolvidas na UEPS contemplam o total de dezesseis horas/aula.

VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Realizamos a análise dos resultados na sequência adotada pela UEPS. Na etapa I da UEPS os alunos em grupo construíram um mapa livre e filmaram suas explicações.

Com essa atividade detectamos os conhecimentos prévios dos grupos e transcrevemos os aspectos relevantes.

Durante a realização da atividade inferimos que todos os grupos sentiram dificuldade em construir os mapas livres por não saberem o significado da maioria das palavras contidas nas fichas. No entanto, no momento em que os alunos souberam que essa atividade não seria avaliada no sentido, de certo ou errado, à realizaram com tranquilidade e de forma muito participativa. A atividade de construção dos mapas livres foi proposta durante duas horas/aula conforme o previsto, porém para concluir a atividade prevista na etapa I, as filmagens foram realizadas no turno inverso, ou seja, no turno da tarde. Assim, pudemos perceber que a etapa I requer um maior espaço de tempo.

A filmagem foi uma ferramenta eficaz utilizada para detectarmos os conhecimentos prévios de cada grupo.

Destacamos as transcrições relevantes de cada grupo:

(1) Grupo Vermelho - O grupo editou todo o texto acrescentando conceitos encontrados na internet e, assim, o objetivo da atividade não foi alcançado.

(2) Grupo Amarelo – “[...] o Modelo do átomo de Bohr diz que temos a divisão do átomo em cargas positivas e negativas [...] as inovações, que podem nos auxiliar nas cirurgias a laser, que antigamente era o laser de rubi e inovou para um laser normal que é com um tubo de gás [...]”;

(3) Grupo Roxo – “[...] a física primeiramente por que ela engloba todas as fichas”. O grupo editou a filmagem, porém não alterou o conteúdo;

(4) Grupo Verde – “[...] e a inversão de população esta associada com a inversão de carga [...]”;

(5) Grupo Preto – “[...] começamos com a física por que tudo sai da Física [...] o Princípio da conservação do momento angular está logo abaixo da física por que é um princípio [...] Quantização de Energia vem do Modelo do Átomo de Bohr por que ele fala sobre como os elétrons ficam em volta do núcleo do átomo [...] o modelo do átomo de Bohr também fala sobre inversão da população por que aqui está se falando em inversão de população dos elétrons

²Segundo Moreira, de um modo geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos, (Moreira, p.101, 2010). No entanto, diferentemente dos mapas livres as associações entre conceitos devem ser aquelas aceitas no contexto do conhecimento mapeado.

que giram ao redor do núcleo”;

(6) Grupo Laranja – “[...] no modelo do átomo de Bohr o átomo é maciço [...] Porque a inversão de população que exerce trabalho das forças e da energia”. Os alunos do Grupo Laranja estavam ausentes na aula em que foi realizada a atividade de construção e filmagem do mapa livre, por isso à realizou no turno inverso;

(7) Grupo Rosa – “[...] começamos com a palavra física por que ela engloba tudo o que vai se ouvir falar aqui [...] Por que o modelo do átomo de Bohr foi criado por Bohr e a quantização de energia é a quantidade de energia que cada elétron tem e os diagramas de energia é uma forma de representação da menor até a maior energia do elétron”; e
 (8) Grupo Azul – “[...] a gente não sabe nada [...] tudo iniciou da física [...] mas o que seria esta inversão de população? Seriam os elétrons que constituem o átomo...[...] e a inversão de população não é a que vocês estão pensando. É a de elétrons”. Com essa atividade percebemos que os alunos tentaram dar significados às palavras contidas nas fichas, conhecimentos prévios foram explicitados e serão utilizados na etapa III.

Na etapa II.1 os grupos responderam o questionário mencionado na metodologia e obtivemos as seguintes respostas:(a) forte influência das fichas distribuídas para a construção do mapa livre; (b) unanimidade na afirmação de que o laser é uma aplicação da física moderna; (c) a maioria dos grupos afirmam que no ensino médio estuda-se tanto a física clássica quanto a física moderna, porém, o grupo roxo afirma que estudamos a física clássica e o grupo verde afirma que estudamos a física moderna; (d) idem, resposta da pergunta (c); (e) Os exemplos dados por todos os grupos são exemplos da física clássica, ou seja, os alunos não conseguem se desprender dos conhecimentos obtidos até o momento em sala de aula. Na etapa II.2 foi realizada a leitura e o destaque das palavras não compreendidas no texto. As palavras obtidas com essa atividade foram: monocromaticidade, espectroscopia, analíticos, laser, colapsaria, ressonante, astronomia convencional, fóton e exaustão. Ao final dessa etapa, alguns alunos relataram estar gostando muito mais das aulas de física, pois cada dia eles tinham uma atividade diferente para realizar e com isso, eles se sentiam mais envolvidos e que estavam “aprendendo muito mais”.

Iniciamos o aprofundamento dos conhecimentos (etapa III.1) considerando os dados obtidos nas etapas anteriores. Por meio dos subsunçores coletados conseguimos envolver os alunos na formalização do conhecimento. Para obter maior aproveitamento do texto utilizado na etapa II.2, os alunos retomaram sua leitura (etapa III.2) e formaram um esquema ou resumo. Nos resumos observamos que os alunos destacam a definição de: laser, laser de rubi, inversão de população, astronomia convencional, modelo do átomo de Bohr, absorção estimulada, emissão estimulada, emissão espontânea e fóton. Podemos inferir que a maioria das palavras destacadas nos resumos coincidem com as palavras que eles destacaram na etapa II.2.

A quarta etapa da UEPS esteve composta de duas atividades. Na primeira, os grupos deveriam pesquisar e

apresentar à turma uma aplicação do laser. Com essa atividade obtivemos os temas: depilação a laser, canetas e apontadores a laser, aplicação de raio laser na oftalmologia, principais aplicações do laser, laser na medicina, estudos atuais, curiosidades e fatos históricos. Por meio dessa atividade, pudemos observar o envolvimento e a empolgação dos grupos nas atividades propostas. Na segunda, os grupos reconstruíram os mapas livres. Apresentamos os mapas livre e conceitual de cada grupo nas figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

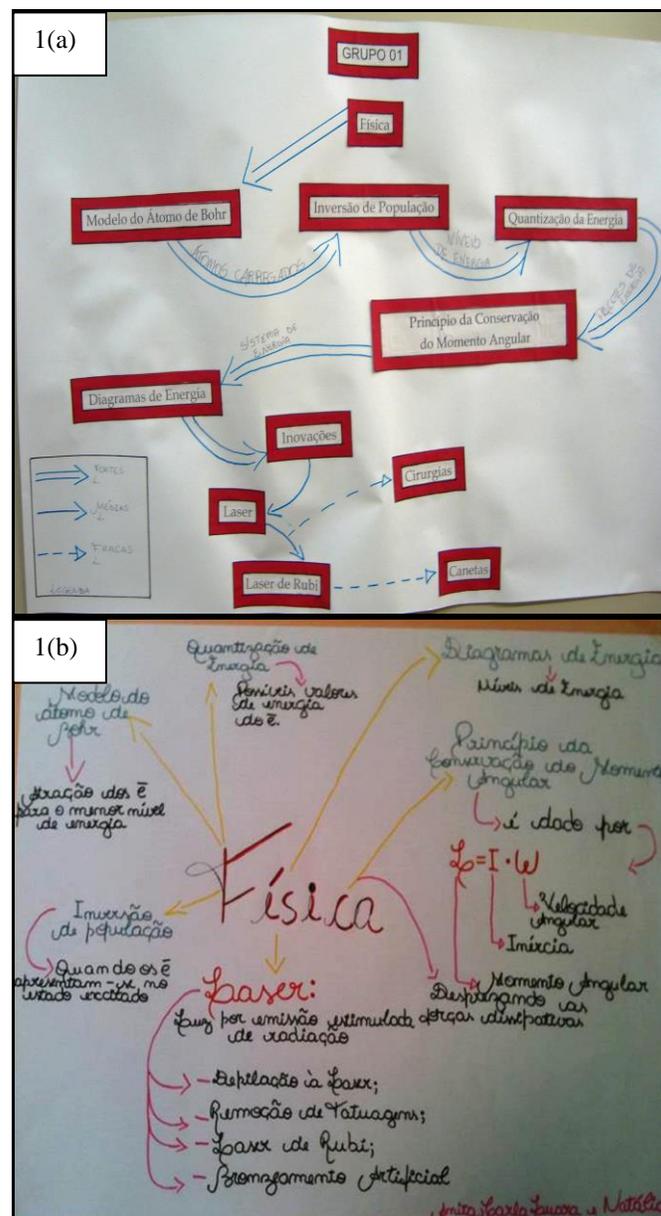


FIGURA 1. Grupo vermelho: (a) mapa livre e (b) mapa conceitual.

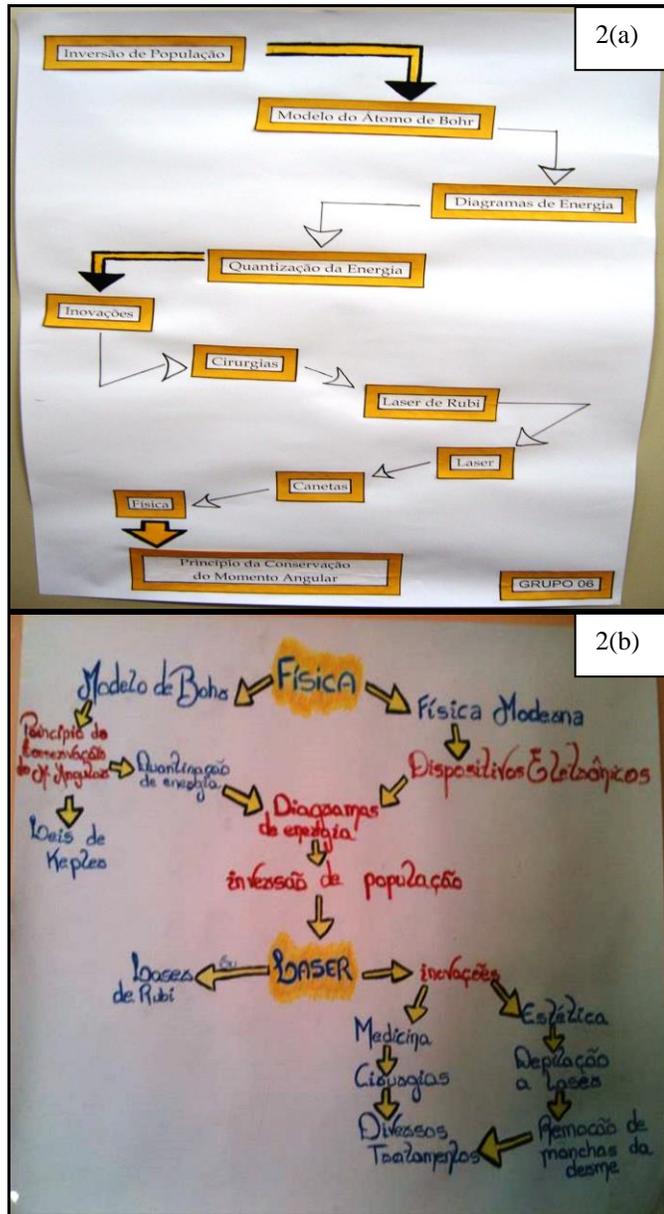


FIGURA 2. Grupo amarelo: (a) mapa livre e (b) mapa conceitual.

Analisamos e comparamos os mapas livres e mapas conceituais dos grupos e inferimos aspectos positivos e negativos. Os aspectos positivos apresentados pelo Grupo Vermelho são que o mapa livre em linha passa a ser um mapa conceitual mais interligado, foram acrescentados vários conectores, explicações a cada conceito, a equação do momento angular, destacaram o conceito “Física” e acrescentam como conceitos “Depilação à laser, remoção de tatuagem, laser de rubi e bronzamento artificial”, e como aspectos negativos, acrescentam explicações, a equação do momento angular e palavras que não são consideradas conceitos. O Grupo amarelo apresenta os aspectos positivos que o mapa livre deixa de ser em linha para apresentar mais ligações, acrescentam um conector e as palavras “Leis de Kepler, dispositivos eletrônicos, medicina, estética, diversos

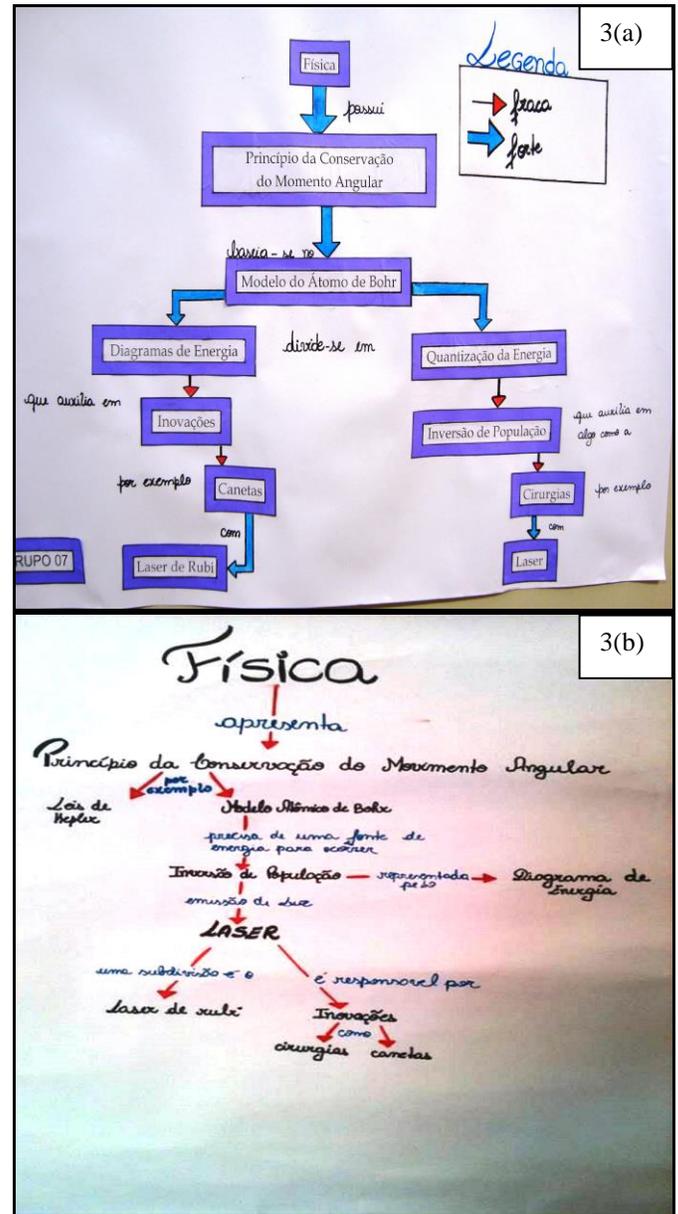


FIGURA 3. Grupo roxo: (a) mapa livre e (b) mapa conceitual.

...tratamentos, depilação à laser, remoção de manchas da pele, física moderna”, e os aspectos negativos seriam que a maioria das palavras acrescentadas não representam conceitos relevantes no contexto físico mapeado, e utilizam apenas um conector.

Os aspectos positivos do Grupo Roxo foram agregar um maior número de conectores e acrescentar ao mapa conceitual “Leis de Kepler”, e o aspecto negativo é que os conceitos poderiam ser mais interligados. O Grupo Verde possui como aspecto positivo o fato de acrescentar conectores em todas as ligações e as palavras “Absorção estimulada e oftalmologia”, e o aspecto negativo observado foi que os conceitos poderiam ser mais interligados.

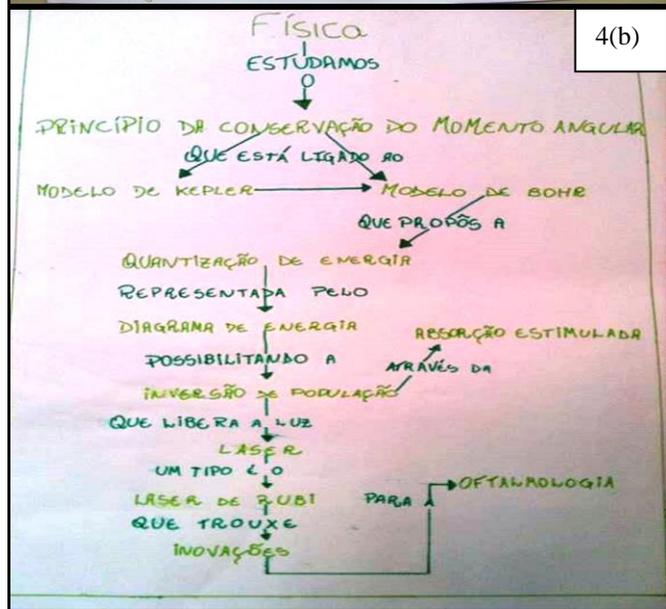
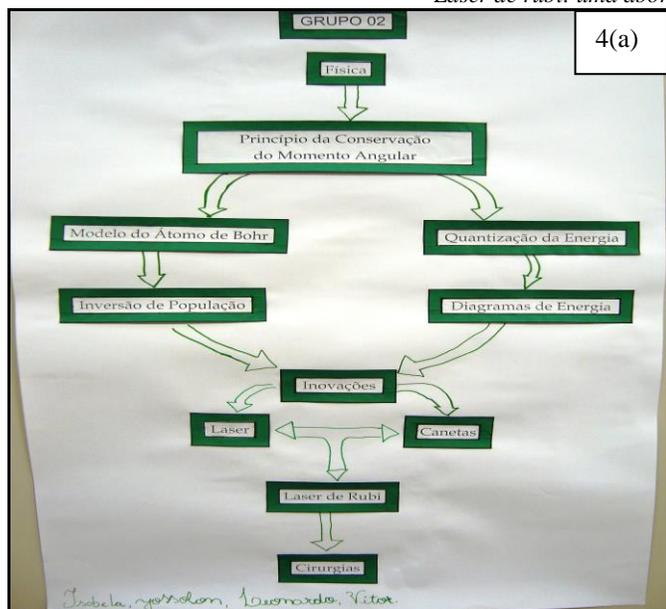


FIGURA 4. Grupo verde: (a) mapa livre e (b) mapa conceitual.

Os aspectos positivos do Grupo Preto são os conectores acrescentados no mapa conceitual e que nos dois mapas os “conceitos” são conectados por várias ligações, porém no mapa conceitual é mais evidente, as palavras destacadas são “Física, inovações e laser”.

O aspecto positivo do Grupo Laranja é que realizou a tarefa e, os aspectos negativos são que tanto o mapa livre quanto o mapa conceitual são em linha, não acrescentam conectores. Ao desenvolver a atividade da construção do mapa livre e conceitual o grupo não demonstrou motivação.

Detectamos dois motivos para a desmotivação: (1) as atividades realizadas isoladas da turma pelo fato da ausência dos alunos na aula, e (2) os alunos estarem reprovados em outras disciplinas. O Grupo Rosa destacou-se por construir tanto o mapa livre quanto o mapa conceitual com várias ramificações e acrescentaram as

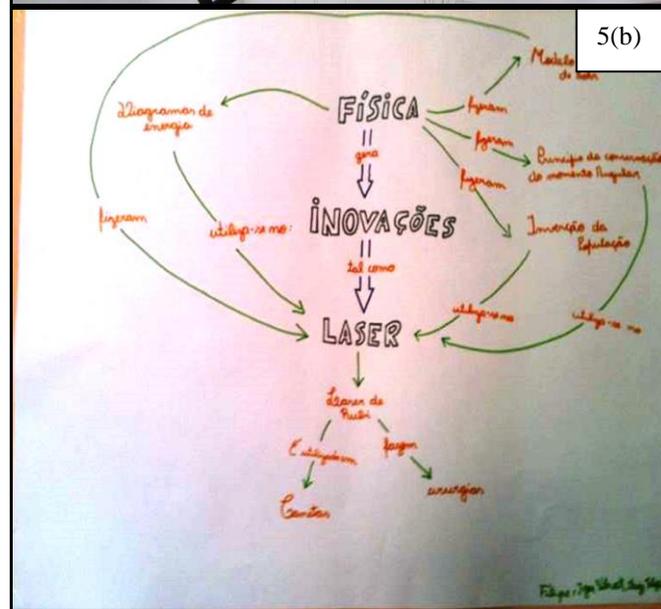
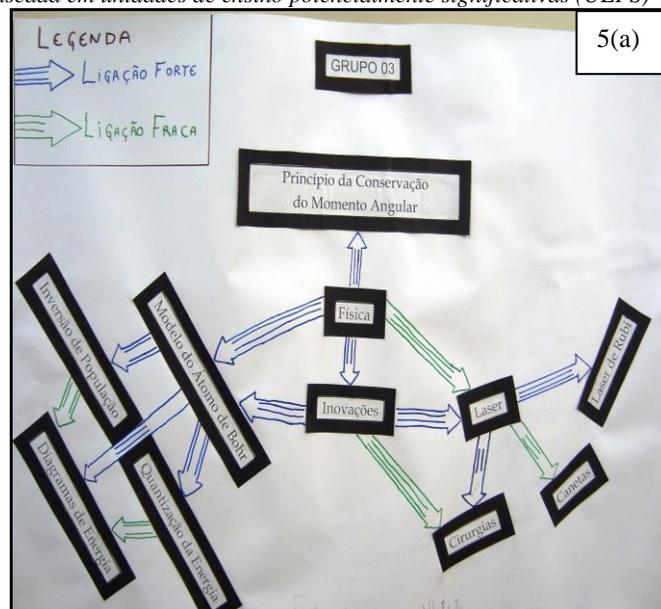


FIGURA 5. Grupo preto: (a) mapa livre e (b) mapa conceitual.

palavras “Óptica, feixe de luz, fóton, cientista e Bohr”, também destacaram as palavras “Física, princípio da conservação do momento angular”, e o aspecto negativo é que o grupo não acrescentou conectores. Os aspectos positivos do Grupo Azul são que o mapa conceitual tornou-se mais interligado, acrescentam vários conectores e as palavras “Absorção, emissão estimulada, emissão espontânea, cicatrização e afetar a visão”, e o aspecto negativo é que nem todas as palavras acrescentadas são consideradas conceitos no contexto discutido.

Podemos inferir que todos os grupos incluíram em seus mapas conceituais como aplicação ou inovação o tema do seu trabalho de pesquisa realizado na etapa IV-1, evidenciando assim, que a atividade foi realizada pelo grupo e provavelmente tornou-se significativa.

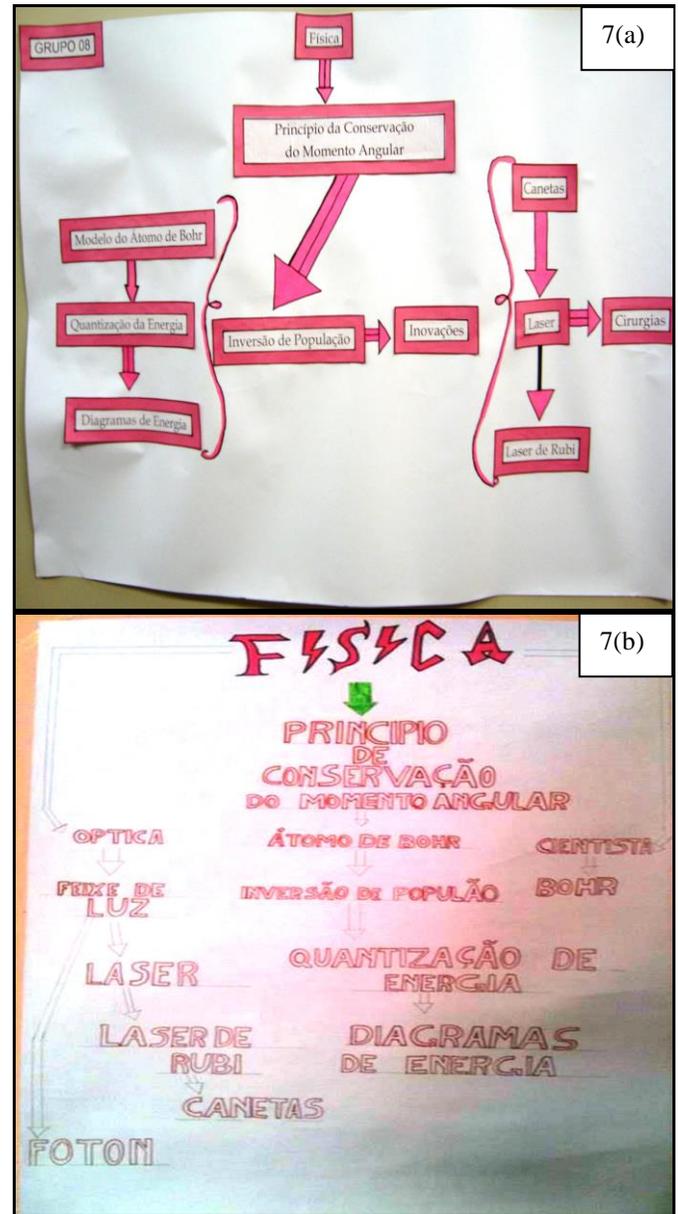
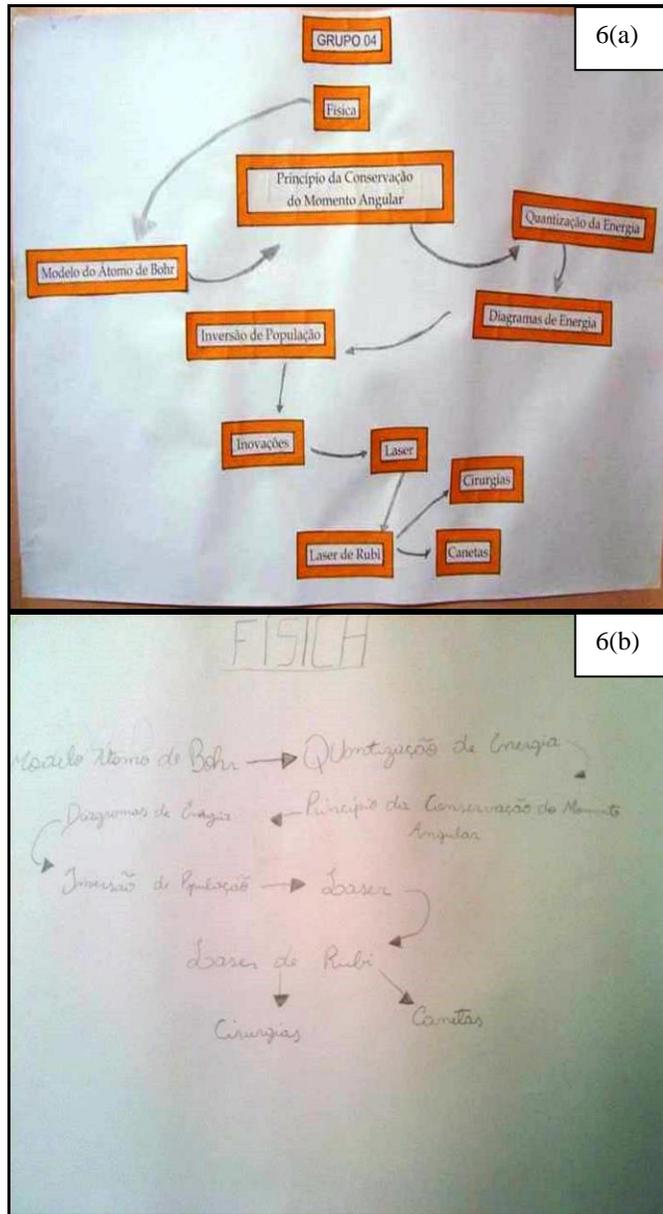


FIGURA 6. Grupo laranja: (a) mapa livre e (b) mapa conceitual.

FIGURA 7. Grupo rosa : (a) mapa livre e (b) mapa conceitual.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem de Ausubel, a estrutura cognitiva do aprendiz é única e por isso todos os significados adquiridos também serão únicos. Assim, pensando na unicidade de cada aprendiz, realizamos a avaliação somativa individual foi realizada na etapa V da UEPS descrita na metodologia e contemplou cinco questões abertas. A resposta da questão 1 é considerada correta quando o aluno cita as 4 características da luz laser - *monocromaticidade, coerência, direcional e alta intensidade*. Obtivemos, 15 respostas que contemplam as 4 características; 4 respostas com 3 características; 6 respostas com 2 características; 2 respostas com 1 característica; 4 respostas consideradas erradas, como por exemplos, “...é um amplificador óptico e uma fonte de luz, também funciona como um espelho.... as cirurgias, as

...depilações a laser, também é uma tecnologia usada em armas e em festas”; um aluno não respondeu a questão.

Na questão 2, obtivemos 20 respostas consideradas corretas, exemplificamos por “... a absorção de um fóton (transição de um elétron de um nível mais baixo de energia de mais alta energia), quando isso faz com que a maioria dos elétrons deixe o seu estado fundamental e passe para um estado excitado, ou seja, inverte a população de elétrons. Após estar no estado excitado o elétron “quer” voltar ao estado fundamental e para isso ele precisa perder (emitir) um fóton, que pode ser a luz laser.”; 9 respostas consideradas parcialmente correta, por exemplo, “Os elétrons que absorvem fótons passando para um nível equilibrado com isso voltando para o nível anterior, o elétron perde fóton (libera), com isso emitindo luz.”; 2

respostas consideradas erradas, por exemplo, “Se forma através de um feixe de luz que atravessa uma placa de rubi, recebendo o tom avermelhado.”; e um aluno não respondeu a questão.

Também de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, uma boa evidência de aprendizagem significativa é quando o aluno consegue resolver uma nova situação problema com os novos conhecimentos adquiridos. Os alunos ao pesquisar e apresentar os trabalhos sobre aplicações da luz laser tiveram que resolver esta situação-problema com as informações estudadas em sala de aula. Da mesma forma, o processo de aprendizagem significativa não se encerra com a sua aquisição e sim faz parte de um processo mais amplo de assimilação que segue pela retenção ou obliteração (esquecimento com resíduo) da nova informação. Por isso, elaboramos a questão 4 para verificar se a nova situação-problema foi retida ou não na mente do aluno. Esta questão, todos os alunos responderam corretamente, ou seja, todos descreveram um trabalho apresentado sobre as aplicações do laser, e 28 alunos relataram o seu próprio trabalho.

Acreditamos que este resultado nos dá evidências de aprendizagem significativa. Um exemplo de resposta: “A depilação a laser, em que é feita por seções para a remoção de pêlos de maneira permanente, é eficaz em pêlos mais escuros pois o mesmo age na melanina do pêlo. Geralmente são necessárias de 5 a 8 seções e é indolor”.

Pudemos verificar que os alunos construíram seus trabalhos de tal maneira a optar por descrevê-los, evidenciando que o aluno ao se envolver de forma ativa no processo de construção da aprendizagem a mesma dá maiores evidências de ser significativa e de sua retenção.

A questão 5 foi elaborada para que a professora pudesse avaliar a sua prática em sala de aula. Destacamos algumas respostas, “Aprendi bem melhor com esse modo (mapas). Pois fica mais interativo. Gostei bastante. Nota 10”; “...eram desconhecidos os termos, depois estão totalmente ligados”; “Nota 10. Achei muito legal prender sobre este conteúdo ... e o mapa livre muito bom para ver nossos conhecimentos e depois saber de cada tema direitinho e montar novamente um mapa com os conhecimentos mais aprimorados. Assim, muito melhor e mais divertido de trabalhar”; “... achei mais interessante com alguma coisa mais perto do nosso conhecimento e entender sobre isso”. “Esse método de fazer mapas ajudou muito na aprendizagem, pois é mais fácil aprender o conteúdo discutindo ideias de forma dinâmica do que a mesmice das provas...no começo era tudo confuso mas ao longo do tempo com as explicações tudo cada vez mais foi se ligando”. Assim, pudemos inferir que os alunos destacaram a metodologia didática envolvida na UEPS como um meio facilitador da aprendizagem, ou seja, a UEPS Laser de Rubi pode ser considerada um material potencialmente significativo. Porém, de acordo com Ausubel não basta ter um material potencialmente significativo, também é necessário a predisposição do aluno em aprender. Através das respostas dos alunos a questão 5, pudemos entender que o desenvolvimento da UEPS também pode ser considerada um agente motivador, tornando o aluno predisposto a aprender provavelmente de forma significativa o tema Laser de Rubi.

Na sexta etapa da UEPS – Aula expositiva dialogada integradora final, a professora retomou os conceitos

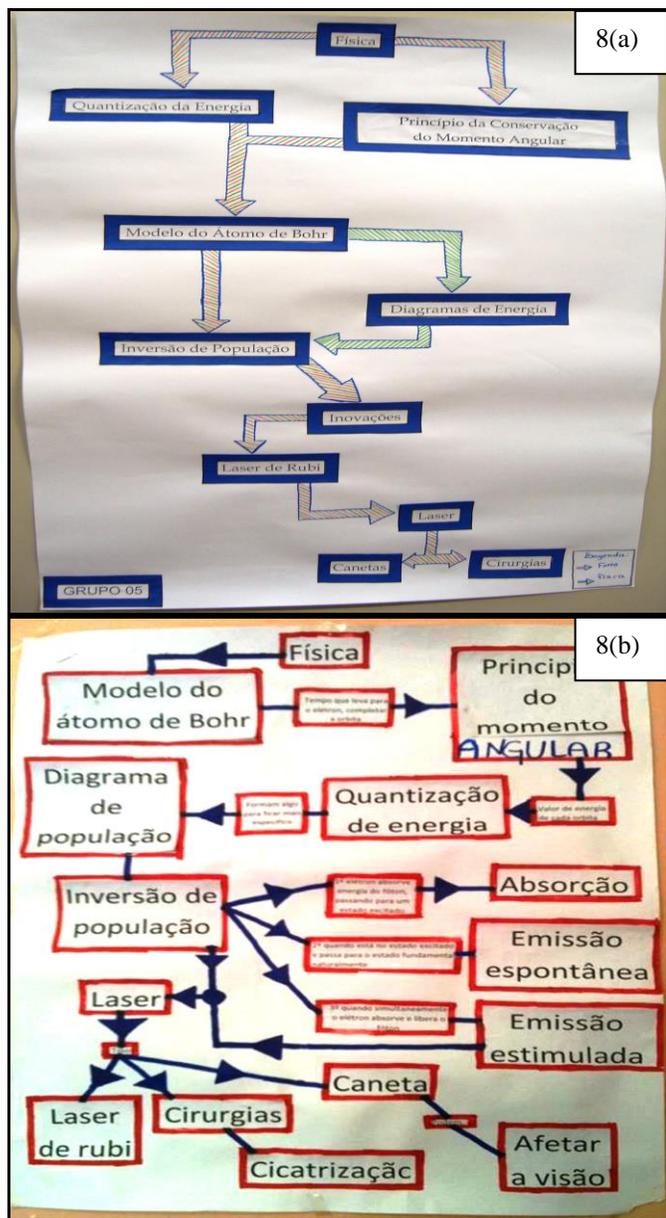


FIGURA 8. Grupo azul : (a) mapa livre e (b) mapa conceitual.

A questão 3, obtivemos 27 respostas consideradas corretas, por exemplo, “ O rubi é formado por óxido de alumínio, sendo os íons de Al substituídos em até 1% de íons de cromo (onde ocorre a inversão de população e dá a coloração avermelhada ao rubi e ao laser de rubi.”; 2 respostas erradas, por exemplo, “Laser de Rubi: luz por emissão estimulada de radiação. É utilizada como “meio” para a emissão de energia”; e 3 alunos não responderam a pergunta.

discutidos na UEPS com o uso do mapa conceitual de um grupo, e assim, o processo de reconciliação integradora da UEPS concluindo a sua aplicação. Observamos que nessa atividade os alunos envolveram-se relatando como pensavam e como conseguiram “entender melhor” o conteúdo, acrescentaram explicações e ajudaram de forma participativa e motivadora.

A avaliação da aprendizagem da UEPS é realizada em sua sétima etapa. Comparamos o mapa livre e o mapa conceitual, a apresentação da aplicação do laser, a avaliação individual e a participação do aluno. Nessa etapa analisamos e avaliamos todas as atividades desenvolvidas na UEPS e concluímos que os alunos obtiveram um bom aproveitamento e um ótimo envolvimento. Os alunos sentiram seus conhecimentos valorizados com o retorno imediato de todas as atividades desenvolvidas por eles. Não temos evidências conclusivas de aprendizagem significativa, mas certamente conseguimos aumentar sua predisposição para aprender.

Na etapa VIII avaliamos as atividades propostas na UEPS. De acordo com a auto-avaliação dos alunos e com as anotações realizadas durante a aplicação da UEPS analisamos a proposta e concluímos que foi positiva. E mais, a aplicação da UEPS em 2013 será desenvolvida sem mudanças significativas.

Ainda de acordo com a Teoria da Aprendizagem de Ausubel, o processo de construção da aprendizagem significativa não acaba com a captação de novos significados. O novo conhecimento pode ser retido por algum tempo, obliterado ou esquecido totalmente. Com o intuito de verificar se ocorreu a retenção das novas informações adquiridas com a UEPS laser de rubi, aplicamos um questionário após dez meses do término da aplicação da UEPS. O questionário basicamente foi composto das mesmas questões abertas da etapa V da UEPS (Avaliação Somativa Individual). No entanto, para avaliar os resultados é necessário considerarmos que nessa etapa tivemos apenas 15 alunos, e esses eram integrantes de 5 grupos, conforme mencionado anteriormente. Para desenvolver essa atividade, a professora levou os mapas livre e conceitual confeccionados pelos grupos para a sala de aula e solicitou que os alunos sentassem em seus respectivos grupos para responder um questionário. Assim, nessa etapa do projeto a avaliação foi realizada em grupo, pois considerava fundamental a interação entre os alunos.

A resposta da questão 1 envolve quatro características da luz laser (*monocromaticidade, coerência, direcional e alta intensidade*), sendo que os grupos amarelo e roxo lembrou de todas as características, o grupo preto lembrou de três, o grupo verde de duas e, apenas o grupo rosa esqueceu que não lembrava da resposta. As respostas evidenciam que a maioria dos grupos recordou as características da luz laser e que a nova informação foi assimilada.

Na questão 2, obtivemos respostas corretas dos grupos verde, amarelo e roxo, por exemplo, “... precisa-se de uma fonte de energia para ocorrer a inversão de população assim ocorrendo a emissão do fóton (luz laser)”. O grupo rosa apresentou uma resposta incompleta mas que pode ser

considerada parcialmente correta, segue descrição, “...com a agitação dos elétrons e visualizada no diagrama de energia gera-se a luz laser”; e o grupo preto não respondeu a questão. Entendemos que os grupos em sua maioria estabeleceram consensos sobre a formação da luz laser.

A questão 3, os grupos roxo e preto responderam corretamente, por exemplo, “O rubi é o meio ativo para que a luz avermelhada se forme”, e os grupos verde, amarelo e rosa responderam parcialmente, por exemplo:

“Porque é usado um rubi na sua composição por ter coloração avermelhada e ter maior capacidade de inversão de população.” Os grupos através da negociação de significados com os colegas estabeleceram a relação entre o rubi (vermelho) e a cor do laser (vermelha) como sendo o meio ativo para sua produção.

A questão 4, foi reelaborada da seguinte forma: 4. O grupo lembra o tema do seu trabalho apresentado sobre as aplicações da luz laser? Descreva-o. Todos os grupos responderam a questão 4 corretamente. Inferimos que a atividade de pesquisar e apresentar sua pesquisa aos colegas, atividade esta em que os alunos envolvem-se de forma participativa e coletiva no processo de assimilação da nova informação geram maiores evidências de uma aprendizagem significativa.

Na questão 5, obtivemos as seguintes respostas: grupo verde – “...as aulas aumentaram a nossa convivência em grupo”; grupo amarelo – “...aprendemos o suficiente para passar de ano. As aulas foram bem legais e divertidas”; grupo roxo – “...foi possível aprender e pesquisar o conteúdo de uma forma simplificada e diferente.”; grupo rosa – “... com o passar do trabalho a aprendizagem surgia como resultado.”; e o grupo preto – “... o mapa foi uma tática que ajudou a lembrar agora sobre o laser.”.

Com as respostas obtidas deduzimos que os alunos gostam de trabalhar em grupo, que o professor use diferentes metodologias de ensino e sentem que a aprendizagem é facilitada e as aulas de Física se tornam “menos chatas”.

Acrescentamos a questão 6, que segue: Escreva o que o grupo sentiu ao rever seus trabalhos. Que recordações vocês podem relatar? As respostas obtidas foram semelhantes da questão 5, porém, o grupo preto acrescenta “...uma recordação pequena, que com o tempo foi aumentando, e um momento significativo para o grupo foi a construção do mapa.” Também, agregamos a questão 7: Quando o grupo construiu seu mapa livre a ficha – “INVERSÃO DE POPULAÇÃO” gerou muita discussão. Vocês lembram o seu significado? O grupo verde, roxo, rosa e preto respondem corretamente, por exemplo, “...De primeiro momento pensamos que se referia a uma população humana. Mas após as aulas, na construção do mapa conceitual descobrimos que se referia a uma inversão de população de elétrons de um nível de energia menor para outro nível de energia maior.”; e o grupo amarelo respondeu incorretamente, “... é que tem uma parte na formação do laser onde os elétrons são agitados e a parte positiva se inverte pra negativa e vice-versa.” Com os resultados obtidos, consideramos que a aprendizagem foi

seguida por uma maior retenção das novas informações, o que sugere que foi significativa.

VII. CONCLUSÃO

Com a UEPS proposta e aplicada no contexto de duas turmas do curso técnico integrado em informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha – Campus Júlio de Castilhos-RS, concluímos que é possível introduzir conceitos fundamentais de física moderna e contemporânea no primeiro ano do ensino médio, explorando limites da física clássica com o uso de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Através dos resultados obtidos com o estudo-piloto da implementação da UEPS – Laser de Rubi e com o uso de um questionário após dez meses do término de sua implementação pudemos inferir que a maioria dos grupos apresentou evidências de uma provável aprendizagem significativa, e que a mesma proporcionou evidências de bom nível de retenção do conhecimento. Também, pudemos concluir que o uso da UEPS proporcionou aulas participativas, maior autonomia aos alunos e, inclusive, permitiu avaliar a prática docente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Direção Geral, Direção de ensino e a assessoria pedagógica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Farroupilha Câmpus Júlio de Castilhos por acreditar na contribuição no projeto proposto. De maneira carinhosa e especial, agradeço aos alunos das turmas Info-1A e Info-1B de 2012 que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] Soares, S., *Um curso de mecânica quântica para professores de física do ensino médio*, Dissertação (Mestrado profissionalizante). Programa de mestrado profissionalizante, Programa de pós-graduação em ensino de física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, (2009).
[2] Paulo, I. J. C., *A Aprendizagem significativa crítica de conceitos da mecânica quântica segundo a interpretação de Copenhagen e o Problema da diversidade de propostas de inserção da física moderna e contemporânea no ensino*

médio, Tese (Doutorado em Ciências) – Programa internacional de doctorado, Ensenanza de lãs ciencias, departamento de didácticas específicas. Universidade de Burgos, Burgos, España, (2006).

[3] Pereira, A. P.; Ostermann, F., *Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente*, Investigações em Ensino de Ciências **14**, 393-420 (2009).

[4] Palandi, J., Figueiredo, D. B., Denardin, J. C. e Magnago, P. R., *Física Moderna – GEF-UFSM*, Grupo de Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Maria, (2010).

[5] Ausubel, D. P., *Educational psychology – a cognitive view*, (Holt, Rinehart and Winston, New York, 1968).

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

[7] Moreira, M. A., *Unidade de Enseñanza Potencialmente Significativas UEPS (Potentially Meaningful Teaching Units – PMTU)*, Meaningful Learning Review **1**, 43-63, (2011).

[8] Moreira, M. A., *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula*, (Editora da UnB, Brasília, 2006).

[9] Masini e Moreira, M. A., *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos*, (Vetor, São Paulo, 2008).

[10] Valadares, E.C. e Moreira, M. A., *Aprendizagem Significativa: sua formação e implementação*, (Edições Almedina, Coimbra, 2009).

[11] Novak, J. D., *Aprender criar e utilizar o conhecimento*, (Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 2000).

[12] Gowin, D. B., *Educating*, (Cornell University Press, Ithaca, N.Y., 1981).

[13] Vergnaud, G., *La théorie des champs conceptuels – Recherches em Didactique des Mathématiques* **10**, 133-170, (1990).

[14] Moreira, M. A., *La Teoria de los Campos Conceptuales de Vergnaud, La enseñanza de lãs ciencias y La investigación em el área*, In: MOREIRA, M. A., (Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, 2004), pp. 41-66.

[15] Johnson-Laird, P. N., *Mental Models*, (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1983).

[16] Moreira, M. A., Veit, E., *Ensino Superior: bases teóricas e metodológicas*, (E.P.U., São Paulo, 2010).

[17] Bagnato, V. S., *Os fundamentos da luz laser*, Física na Escola **2**, 4-9, (2001).