

IV ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA – RS



ATAS



**Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS
15 a 17 de setembro de 2011**

IV ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA – RS

ATAS

Organizadores:

Leonardo Albuquerque Heidemann
Eliane Angela Veit
Ives Solano Araujo
Marco Antonio Moreira

UFRGS – Instituto de Física
Porto Alegre
2011

Organizadores do evento:

Eliane Angela Veit (UFRGS)

Ives Solano Araujo (UFRGS)

Marco Antonio Moreira (UFRGS)

Pedro Fernando Teixeira Dorneles (UNIPAMPA)

O IV Encontro Estadual de Ensino de Física – RS foi realizado em Porto Alegre, RS, no período de 15 a 17 de setembro de 2011 e organizado pelo Grupo de Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Professora Ruth de Souza Schneider

E56a Encontro Estadual de Ensino de Física – RS (4. : 2011 :
Porto Alegre, RS).

Atas [recurso eletrônico] / Encontro Estadual de
Ensino de Física - RS ; organizadores: Leonardo
Albuquerque Heidemann ... [et al.]. – Porto Alegre :
UFRGS – Instituto de Física, 2011.

Organizado pelo Grupo de Ensino de Física da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Modo de acesso:

<http://www.if.ufrgs.br/mpef/4eeefis/Atas_IVEEEFis_RS.pdf>

ISBN 978-85-64948-04-4

1. Ensino de Física. 2. Congressos. I. Heidemann,
Leonardo Albuquerque. II. Título

O ENSINO DE FÍSICA A PARTIR DO ESTUDO DA ULTRASSONOGRADIA, DA PRODUÇÃO E INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO COM O CORPO HUMANO: UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA¹

Mara Fernanda Parisoto [marafisica@hotmail.com]

José Tullio Moro [tullio@feevale.br]

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

*Instituto de Física – UFRGS – Caixa Postal, 15051.
Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS – Brasil*

Resumo

Devido à falta de materiais diversificados, interdisciplinares e que visem aprendizagem significativa no Ensino de Física aplicada na Medicina, percebemos a necessidade de construir materiais didáticos para suprir esta lacuna. O presente trabalho busca analisar uma parte de uma pesquisa que trata da Física aplicada na Medicina para dar sentido a conceitos de Ondas, Óptica, Eletromagnetismo, Física Moderna e Contemporânea. O objetivo desta pesquisa foi a construção de materiais alternativos que potencializem uma aprendizagem significativa e não mecânica, considerando os conhecimentos prévios dos alunos. Esse artigo trata da análise de um teste qualitativo aplicado com o intuito de avaliar a primeira parte do curso. Esta análise visou obter indícios de aprendizagem significativa, devido à utilização da ultra-sonografia, da produção e interação da radiação com a matéria para dar sentido aos conceitos de Física. As respostas dos alunos foram classificadas como as que forneceram indícios de aprendizagem ou que não forneceram. Partindo da avaliação das respostas dos alunos damos um feedback a eles com a análise das questões, após isto pedimos para eles corrigirem as respostas a partir de leitura do material de apoio e de discussão entre os alunos e o professor. Posteriormente, reavaliamos as respostas dos alunos. Os pontos que ainda não estavam claros foram explicitados e reexplicados durante uma entrevista, que foi realizada no fim do curso e que será colocada sua análise em um próximo trabalho. Observamos, a partir da análise das respostas, que os alunos sabiam muito pouco sobre conteúdos trabalhados durante a primeira parte do curso antes da aplicação. Depois da aplicação do curso, através da análise do pós-teste, percebemos que houve uma melhora significativa por todos os alunos, que é necessário explicar a eles o que são conceitos e que os Raios-X não são apenas produzidos em máquinas como explicitado por eles.

Palavras-chave: ensino de Física; Física aplicada na Medicina; aprendizagem significativa.

INTRODUÇÃO

Devido à falta de materiais diversificados, interdisciplinares e que visassem aprendizagem significativa no Ensino de Física aplicada na Medicina, percebemos a necessidade de construir materiais didáticos para suprir esta lacuna.

Investigando as aplicações do Eletromagnetismo, da Óptica, 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, conteúdos do Ensino Médio que poderiam ser utilizados na Física aplicada à Medicina e que abordagem (ns) didática(s) poderia(m) ser potencialmente facilitadora(s) da aprendizagem significativa nessa área.

Tal curso foi aplicado em quatro oportunidades. Analisaremos aqui a última aplicação que foi de um curso de 40 horas, sendo 32 horas presenciais e 8 horas de ensino à distância. Nessa aplicação

¹ Apoio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

nosso objetivo principal foi buscar indícios de aprendizagem significativa, e buscar pontos que precisávamos melhorar para facilitar tal aprendizagem. O material foi avaliado, de modo a buscar melhorá-lo, através de questionários e entrevistas semi-estruturadas, respondidas pelos alunos. Foram aplicados pré e pós-testes aos participantes dos cursos de modo a perceber se há indícios de aprendizagem significativa. Além disso, foram também usados questionários abertos, diagramas, mapas conceituais, questões respondidas por eles, entrevista semiestruturada e respostas a situações-problemas, além de fazer observações e anotá-las em um diário de bordo. Essa avaliação foi quantitativa e qualitativa. Aqui analisaremos o teste qualitativo.

- A relevância didática e acadêmica deste trabalho está no fato dele proporcionar uma discussão acerca de novas possibilidades para ensinar Física utilizando materiais instrucionais para tornar as aulas potencialmente significativas, criando um espaço interativo e criativo que favoreça a aprendizagem, visando contribuir para melhorar o Ensino de Física.

- Neste artigo buscaremos, a partir da análise de um questionário qualitativo, indícios de aprendizagem significativa na primeira parte do curso que versa sobre ultra-sonografia, produção e interação da radiação com a matéria.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho fundamenta-se na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (Ausubel, 2002), na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) de Moreira (Moreira, 2005), na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (Moreira, 2004) e na Epistemologia de Toulmin (Toulmin, 1977).

Utilizamos o seguinte da teoria de Ausubel (2002): 1) os conhecimentos prévios (conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do aluno); 2) organizadores prévios (material utilizado para fazer uma ponte entre o que o aluno já sabe com o que será ensinado); 3) a diferenciação progressiva (parte-se do mais geral para o mais específico diferenciando-se conceitos semelhantes); 4) reconciliação integradora (voltasse ao ensinado, buscando as diferenças e semelhanças entre os conceitos, destacando as partes mais relevantes, discutido os erros e acertos dos alunos).

- Da teoria de Vergnaud (Moreira, 2004) utilizamos a teoria dos Campos Conceituais (conjunto de situações que o sujeito é capaz de manejar). Buscamos ajudar os alunos a fazerem a transposição dos conceitos e teoremas implícitos para os conceitos e teoremas explícitos, como sugere Vergnaud.

- De Moreira (2005) utilizamos a importância da criticidade e das várias estratégias de ensino.

- Da epistemologia de Toulmin (1977) utilizamos a negociação de significados e a evolução dos conceitos.

METODOLOGIA DA PESQUISA

- Na metodologia da pesquisa foram seguidas as seguintes etapas: 1º) estudo de materiais alternativos, utilizando várias estratégias de ensino, conforme sugere Moreira (2005), 2º) confecção de sugestões de atividades educacionais; 3º) organização do teste qualitativo; 4º) aplicação do pré-teste qualitativo; 5º) aplicação do curso; 6º) aplicação do pós-teste qualitativo; 7º) análise das respostas dadas pelos alunos buscando: a) indícios de aprendizagem significativa (Ausubel, 2002), b) equívocos, c) pontos relevantes que os alunos não mencionaram; 8º) *feedback* dos erros dos alunos para que pudessem evoluir seus conceitos de senso comum para científicos como sugere Toulmin (1977) e de conceitos implícitos para explícitos como sugere Vergnaud (Moreira, 2004).

DESCRIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO

O curso foi realizado em 4 sábados, com carga horária semanal de oito horas, totalizando 32 horas de curso presenciais e oito horas de atividades à distância. Estas horas à distância foram utilizadas para os alunos confeccionarem mapas conceituais e os corrigirem.

O grupo era formado por 18 alunos. Destes cinco são da licenciatura em Física, um que se formou no bacharelado, um que ministra aulas em um Instituto Federal Rio Grande do Sul (IFRGS) e 11 são professores do mesmo estado.

DESCRIÇÃO PARTES FUNDAMENTAIS DA AULA

Inicialmente, os alunos começaram respondendo a um questionário qualitativo, o qual foi avaliado, parcialmente, no presente artigo.

Em seguida, mostramos um esquema da máquina de ultra-sonografia, que possuía todas as partes dela. Explicamos superficialmente a função de cada uma, e falamos que posteriormente analisaríamos cada uma das partes mais profundamente, tendo como objetivo iniciar com o mais geral e depois partir para as especificidades, como propõem Ausubel (2002).

Começamos então a falar sobre as partes mais específicas necessárias para compreender o aparelho de ultra-sonografia. Iniciamos explicando sobre os tipos de ondas (longitudinal, transversal- mecânicas e das ondas eletromagnéticas) e sobre suas características (comprimento, frequência, período, amplitude, altura).

A partir das placas de trânsito chegamos à fórmula da velocidade para os corpos e depois encontramos a expressão matemática da velocidade para as ondas. Para isso relacionamos a distância percorrida com o comprimento de onda e o tempo com a frequência.

Em seguida usamos o método PIE (Predizer, Interagir e Explicar)², perguntando aos alunos antes de fazer a simulação: 1. O que você acha que irá ocorrer se as ondas estiverem em fase? 2. E se elas estiverem em fases opostas?

A simulação encontra-se em:

<http://www.fsc.ufsc.br/~ccf/parcerias/ntnujava/waveSuperposition/waveSuperposition.html>

Os alunos que responderam oralmente falaram corretamente que quando as ondas estão em fase elas se somam aumentando a amplitude (interferência construtiva) e se as ondas estiverem em fases opostas elas se anulam (interferência destrutiva).

Na sequência passamos a explicar o que é reflexão e refração, fornecendo aos alunos vários exemplos do dia-a-dia. Depois dividimos a reflexão em difusa e regular, explicamos e exemplificamos ambas.

Depois passamos a explicar as leis da refração e da reflexão. Através da lei de Snell chegamos à reflexão total e a refração em duas lâminas.

Em seguida fizemos à simulação que encontra-se em: <http://www.fsc.ufsc.br/~ccf/parcerias/ntnujava/propagation/propagation.html>. Antes de vermos a simulação foi indagado aos alunos: O que você acha que irá ocorrer quando a onda passar de um meio a outro com índices de refração diferentes: a) com a velocidade? b) com o comprimento da onda? c) com a frequência?

Passamos a estudar sobre as características do som (altura, timbre, intensidade, velocidade, comprimento de onda e frequência) e as características do timbre (forma da onda, envelope sonoro-ataque, decaimento, sustentação e relaxamento). Utilizamos, para que os alunos compreendessem

² Para mais detalhes ver Dornelles (2008).

melhor tais características, o programa Audacity. Nesse programa há a possibilidade de mudarmos a altura do som, as suas características, colocar eco, observar tais fatores e gravar o que os alunos falam.

Explicamos as características do infrassom e do ultrassom mostrando suas diferenças e semelhanças em relação ao som. Explicamos que o ultrassom é utilizado no aparelho de ultrasonografia e que este é empregado para saber informações sobre o tamanho, anomalias anatômicas e função dos órgãos do corpo.

Na sequência mostramos o esquema de um aparelho de ultrassom, um ultrassom móvel e um ultrassom fixo e começamos a explicar cada uma das partes do aparelho, desde o fornecimento de corrente elétrica pela fonte até a formação da imagem no monitor.

Explicamos que o ultrassom também pode ser utilizado para sabermos se alguma veia está entupida, através do efeito Doppler e detalhamos qual é o procedimento para fazer isso.

Em seguida, explicamos o que é um mapa conceitual³, como funciona o software Cmap Tools e pedimos para que os alunos, em duplas, fizessem um mapa conceitual para posterior apresentação e discussão sobre o aparelho de ultra-sonografia, de maneira a fazer a reconciliação integradora proposta por Ausubel (2002). Tais mapas foram criticados pela pesquisadora e pelos alunos, de modo a favorecer a criticidade proposta por Moreira (2005). Os alunos e a pesquisadora deram várias sugestões de como melhorar os mapas. Os alunos, na sequência, tinham como objetivo melhorar o mapa e reentregá-los para posterior reavaliação do mesmo, fazendo uma análise ao longo de todo o processo da aprendizagem dos alunos.

Por fim, foi reentregue o mesmo teste respondido no começo da aula pelos alunos, para que eles respondessem, de modo que pudéssemos buscar indícios de aprendizagem significativa em suas respostas e também buscar equívocos apresentados pelos alunos para que, consciente deles, pudéssemos enfrentá-los e superá-los.

ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO QUALITATIVO

A seguir listamos as questões que foram entregues para os alunos:

1. *O aparelho de ultra-sonografia envolve muitos conceitos de Física. Descreva aqueles que você considera importante na máquina de ultra-sonografia. Justifique.*
2. *Descreva, fisicamente, o funcionamento de uma máquina de ultra-sonografia.*
3. *Os transdutores, no aparelho da ultra-sonografia, são formados por material piezoelétricos. Quais são as características desse tipo de material?*
4. *Como a informação captada pelos nossos olhos chegam até o cérebro? Explique através do efeito fotoelétrico.*
5. *Quais são as três formas de interação da radiação com a matéria? Cite aplicações de cada uma delas.*
6. *Qual (is) relação (ões) existe(m) entre a imagem radiográfica e o Efeito Fotoelétrico?*
7. *Qual (is) relação (ões) existe(m) entre a imagem radiográfica e o Efeito Compton?*
8. *Como é utilizada a Aniquilação de Pares na Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET)?*
9. *Como são produzidas as radiações?*

³ Para mais detalhes sobre mapas conceituais pode-se consultar Moreira (1980).

Devido às limitações de espaço será analisando apenas o pré-teste e pós-teste da aluna Marta (*nome fictício*), pois foi à aluna que apresentou melhores indícios de aprendizagem significativa. Colocaremos as transcrições do pré-teste, do pós-teste e por último a análise das respostas.

Teremos como objetivo principal buscar indícios de aprendizagem significativa e pontos que há necessidade de enfatizar com os alunos ao longo do curso.

Pré-teste 1- *“Acredito que: ondas sonoras emitidas em frequência mais alta do que a faixa do audível; peça de tradução de leitura de vibração mecânica para elétrica (luz; imagem)”*.

Pós-teste 1- *“O aparelho de ultra-sonografia trabalha com os conceitos: corrente elétrica alternada; campo magnético alternado; ondas mecânicas ultrassônicas (frequência acima do som); ondas eletromagnéticas; piezoelétricos; reflexão; absorção; densidade; polarização; pressão. A justificativa está na descrição do funcionamento na questão 2”*.

Análise das respostas à questão 1- Escreveu vários conceitos, embora não escreveu nenhum conceito relacionado à formação de imagens no monitor de televisão, o que nos fornece indícios de que a aluna aprendeu significativamente o funcionamento do aparelho de ultra-sonografia, mas não fornece indícios da aluna ter aprendido como se dá a produção de imagem no monitor de televisão.

Pré-teste 2- *Não respondeu**.

Pós-teste 2- *“A máquina de ultra-sonografia é formada por fonte, material piezoelétrico polarizado, transdutor e monitor. O transdutor é o responsável pela “leitura”, e é nele que está o material piezoelétrico (é a parte que entra em contato com o corpo do paciente). A fonte de corrente alternada gerará um campo magnético alternante na região próxima ao material piezoelétrico. Como este material está polarizado, a tendência das cargas negativas será a de oscilarem à medida que o campo magnético varia, provocando assim uma alteração na espessura deste material. Esta variação de espessura gerará, por uma diferença de pressão, ondas de frequência acima do som (daí o nome “ultrassom”), que atravessarão o corpo do paciente. Uma vez acontecido isso, essas ondas serão mais refletidas (pelo que for mais denso) ou menos refletidas (pelo que for menos denso). É assim que adquire-se a diferença de intensidade no monitor. Refletidas, elas retornam ao transdutor, perturbando o material mais uma vez. Agora, está oscilação do material polarizado criará uma corrente elétrica alternada, que voltará pelo fio e será lida pelo aparelho de som, sendo decodificada em imagens no monitor”*.

Análise das respostas à questão 2- As respostas da aluna nos forneceram indícios de que a aluna aprendeu significativamente parcialmente o funcionamento do aparelho de ultra-sonografia. Não nos forneceu indícios de que aprendeu significativamente como as ondas de ultrassom geram corrente elétrica e como ocorre a produção de imagem no monitor.

Pré-teste 3- *“São materiais que, quando submetidos a um aumento de pressão, liberam uma carga elétrica. O cristal de quartzo é um exemplo deste tipo de material, e o funcionamento do “Magiclick” é baseado nisto”*.

Pós-teste 3- *“Um material piezoelétrico é um material que tem a propriedade de gerar corrente elétrica quando submetido a uma pressão. São exemplos: cristal de quartzo e algumas cerâmicas”*.

Análise das respostas à questão 3- Faltou mencionar que o material piezoelétrico é polarizado e que gera pressão a partir de corrente elétrica. Apresentou indícios de que aprendeu significativamente que o material piezoelétrico gera corrente quando submetido à pressão, mas não forneceu indícios de saber como isto ocorre e como o material piezoelétrico gera pressão a partir de corrente elétrica.

Pré-teste 4- *“Imagino que, uma vez que a luz pode ser considerada uma onda eletromagnética, a imagem formada na retina estimula os sensores nervosos deste local. Estes sensores, por sua vez, “traduzem” a imagem como pulsos elétricos, enviando esta “decodificação”, então, para o cérebro”*.

Pós- teste 4- *“Em nossa retina, temos bastonetes e cones. Os cones são os responsáveis pela diferenciação de cor (vermelho, verde e azul: RGB.). Quando a luz incide na retina, ela arrancará e dará mais energia cinética para os elétrons dos cones correspondentes à frequência da luz incidente. A frequência necessária para excitar um cone azul, por exemplo, será maior do que a para excitar um cone vermelho. Essa leitura é feita pelo nervo ótico”*.

Análise das respostas a questão 4- A resposta da aluna foi correta, mas faltou falar sobre a função dos bastonetes e relacioná-los ao efeito fotoelétrico. Mostrou haver aprendido significativamente a relação existente entre a incidência de luz branca em nossos olhos, ao efeito fotoelétrico, a como esta informação é levada dos nossos olhos até o cérebro e a nossa consequente visão das cores.

Pré-teste 5 Não respondeu*

Pós-teste 5-

“Efeito fotoelétrico, utilizado em postes de luz, visão, radiologia”.

Efeito Compton, semelhante ao efeito fotoelétrico, com a diferença de que há radiação que não é absorvida, também presente na radiologia.

Produção de Pares, útil na Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET)”.

Análise das respostas a questão 5- A resposta do pós-teste da aluna está dentro do esperado, já que não foi solicitado que explicasse os três tipos de interação da radiação com a matéria. A aluna citou as três formas de interação da radiação com a matéria bem como os exemplos trabalhados no curso, fornecendo indícios de que aprendeu significativamente quais são os três tipos de interação da radiação com a matéria, bem como os respectivos exemplos.

Pré-teste 6- Não respondeu*

Pós-teste 6- *“É graças ao efeito fotoelétrico que as imagens radiográficas são feitas. Os Raios-X incidem sobre as partes do corpo a serem escaneadas e é absorvido pelas mais densas. Isso porque a probabilidade de um fóton colidir com um elétron (gerando o efeito fotoelétrico) é maior em átomos maiores (quanto mais prótons, mais elétrons).”*

Análise das respostas a questão 6- Relacionou corretamente a densidade, à absorção e o efeito fotoelétrico, fornecendo indícios de aprendizagem neste tópico.

Pré-teste 7- Não respondeu*

Pós-teste 7- *“O efeito Compton é o “destruidor de imagens” na radiografia, pois, como parte da radiação não é absorvida, por reflexão ela acaba criando campos cinza na imagem gerada, gerando uma imagem que não equivale a estrutura humana real, em alguns pontos”.*

Análise das respostas a questão 7- Relacionou corretamente o efeito Compton com a distorção na imagem. Entretanto, os Raios-X não são refletidos, mas sim são absorvidos e reemitidos. Forneceu indícios de que aprendeu significativamente a relação entre o efeito Compton e a formação de imagens radiográficas.

Pré-teste 8- Não respondeu*

Pós-teste 8- *“O paciente ingere uma substância (exemplo Flúor 18), ligada a uma molécula orgânica (glicose ou iodo) que libera pósitrons. Como temos, em nosso organismo, elétrons, estes pósitrons encontram-se com estes elétrons, que é a aniquilação deste par matéria e anti-matéria. O resultado desta aniquilação são dois raios gama. Estes raios serão mais intensos na região do cérebro (ou tireóide) que estiver ativa. Assim, é o paciente que emite radiação, que é lida pelos detectores”.*

Análise das respostas a questão 8- A resposta apresentada pela aluna é completa e não apresenta nenhum erro conceitual, nos fornecendo indícios de que a aluna aprendeu significativamente como é utilizada a Aniquilação de Pares na Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET).

Pré-teste 9- Não respondeu*

Pós-teste 9- *“Alfa → é composta por dois prótons e dois nêutrons. É liberada por átomos com mais de 82 prótons, na busca de um equilíbrio. Por isso, é uma radiação ligada ao núcleo de átomos instáveis.*

Beta → pode ser beta “+” e beta “-”. A radiação beta é liberada quando um átomo busca igualar o número de prótons e de nêutrons do seu interior. Será beta “+” quando um próton se transformar em um nêutron e, beta “-” quando um nêutron se transformar em um próton. A beta “-” é um elétron e a beta “+” é um pósitron.

Gama → radiação formada a partir da aniquilação de pares, ou seja: quando um elétron encontrar sua anti-matéria, o pósitron, essas massas se transformam em energia, do tipo radiação gama. Para conservação de momento, dois raios gama são liberados perpendicularmente a direção de viagem do pósitron e do elétron.

Raios-X → pode ser a formação característica, onde um fóton incidente arranca um elétron de camada mais interna, cujo espaço é ocupado por outro de uma camada mais externa. Como o que estava na camada mais externa possuía mais energia, a energia em excesso é emitida na forma de Raios-X (quanto mais prótons, mais probabilidade de essa emissão ser de Raios-X.) Outra forma é por freamento: quando um elétron se aproxima de um núcleo, ele é freado, ou seja, perde energia cinética. Essa energia perdida é reemitida em forma de radiação, dependendo novamente da quantidade de prótons no núcleo para ser um Raios-X ou não”.

Análise das respostas a questão 9- houve um equívoco quando a aluna afirmou que apenas há a produção de radiação alfa quando há mais do que 82 prótons. Mencionou que há a emissão de radiação alfa para o átomo manter equilíbrio, mas na realidade o átomo é instável quando a força elétrica é maior do que a força nuclear forte.

Na radiação beta faltou colocar que quando um nêutron se transforma em próton há emissão também de um neutrino. A radiação gama não ocorre apenas quando matéria e antimatéria se encontram.

Explicou corretamente a produção de Raios-X, mas não explicou por que há a necessidade de haver um material com alto número atômico para que ocorra a sua produção.

Nesta questão a aluna apresentou indícios de que sabe significativamente parcialmente as características de cada tipo de radiação e de como elas são produzidas, pois apresentou os equívocos mencionados anteriormente.

Os alunos demonstraram não saber qual a definição de conceitos. Na primeira questão todos confundiram, pelo menos, algumas coisas mais gerais com conceitos. Também percebemos a importância de pedir aos alunos para escrever as respostas às perguntas antes das simulações computacionais feitas ao longo do curso.

Observamos, a partir da análise das respostas, que os alunos sabiam muito pouco sobre os conteúdos trabalhados durante a primeira parte do curso antes da aplicação. Depois da aplicação do curso, através da análise do pós-teste, percebemos que houve uma melhora significativa por todos os alunos, alguns mais do que outros. Relacionamos essas diferenças no aprendizado, principalmente, a maior ou menor participação em sala de aula, a possuírem ou não conhecimentos prévios anteriores ao curso e a disposição ou ausência dela para aprender (alguns alunos vinham de cidades do interior do estado, pegavam ônibus de madrugada para chegar no horário do curso e por isso ficaram em alguns momentos sonolentos, o que dificultava a estes prestarem atenção, refletindo, conseqüentemente, no aprendizado dos conteúdos utilizados no curso).

Também, através da análise, percebemos que o que os alunos sabiam antes do curso era geralmente descontextualizado, ou seja, às vezes sabiam os nomes, o que é, mas não sabiam relacionar tais conteúdos com suas respectivas aplicações. Muitas vezes, sabiam descrever, mas não sabiam explicar⁴.

A partir da avaliação das respostas dos alunos damos um *feedback* a eles com a análise das questões, pedimos para eles corrigirem suas respostas a partir de leitura do material, discussão entre os alunos e o professor. Na sequência reavaliamos as respostas dos alunos. Os pontos que percebemos que ainda não estavam claros, para os alunos, foram explicitados e reexplicados durante a entrevista que foi realizada no fim do curso.

Também percebemos, através da análise das respostas dos alunos, que é necessário explicar a eles o que são conceitos, que os Raios-X não são apenas produzidos em máquinas, retomar os equívocos apresentados por eles em suas respostas e os assuntos que não conseguiram explicar. Isto foi feito e seus resultados serão publicados em outros trabalhos.

CONCLUSÃO E CONTINUIDADE

Através da análise do que os alunos escreveram no pré-teste podemos perceber os reflexos de um ensino descontextualizado, pois os conceitos necessários para compreender o aparelho de

⁴ Para compreender melhor a diferença entre explicação e descrição pode-se consultar Treagust (2000).

ultra-sonografia, a produção de radiação e a interação da radiação com a matéria já foram explicados ao longo da vida acadêmica dos alunos e mesmo assim a maioria mostrou desconhecer os assuntos ou responder de forma bastante superficial, enfatizando a descrição em detrimento da explicação. Com a aplicação do mesmo questionário no fim do curso encontramos, como já foi visto, alguns indícios de aprendizagem significativa devido ao tratamento dado.

Seria possível, embora pouco provável, que encontrássemos resultados semelhantes mediante a uma abordagem tradicional⁵. Afirmamos pouco provável, pois há várias teorias de aprendizagem, por exemplo, a TAS, que nos embasamos, que fundamentam que para ocorrer uma aprendizagem significativa há a necessidade de contextualização, de levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos, de haver diversas atividades para atender os alunos que aprendem de diversas formas: visual, auditiva e cinestésica.

Para diminuirmos a probabilidade dos resultados encontrados serem apenas por aprendizagem mecânica, foram feitas várias análises ao longo do curso: três testes, avaliação de Vêz de Gowin, análise de mapas conceituais evolutivos, entrevista semiestruturada, gravação de discussões dos alunos em situação de resolução de problemas e análise do ocorrido na sala de aula.

Também poderia ser utilizado um grupo experimental (aulas conforme a proposta) e um grupo de controle (aulas não embasadas na proposta), para haver a possibilidade de analisar as diferenças entre ambos os grupos. Esta abordagem, embora possível, é difícil de ser implementada, pela dificuldade de haver a formação de dois grupos que façam o curso simultaneamente.

Há a possibilidade também de aplicar o teste depois de algum tempo, para buscar indícios de aprendizagem significativa, já que a aprendizagem mecânica tende a permanecer pouco tempo na estrutura cognitiva no sujeito.

Finalmente, cabe reiterar que este trabalho, relata apenas uma parte (de cinco) de uma das implementações da proposta (até o momento foram quatro implementações, esta refere-se à quarta). Em outros, apresentaremos resultados das correções feitas pelos alunos no teste analisado nesse artigo, a análise dos demais testes aplicados (que já foram mencionados) e da correlação das análises dos diversos testes.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. (2002). **Retenção e aquisição de conhecimento: uma perspectiva cognitiva**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

BUSHONG, S. C. (2002). **Manual de Radiologia para Técnicos**. 8º ed. Houston: Elsevier Mosby.

DIMENSTEIN, R.; Netto, T. G. (2005). **Bases físicas e tecnológicas aplicadas aos Raios-X**. 2º ed. São Paulo: Editora SENAC.

DORNELES, P.; ARAÚJO, I.; VEIT, E. Simulação e Modelagem Computacionais no Auxílio à Aprendizagem Significativa de Conceitos Básicos de Eletricidade. **Revista Brasileira em Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 1806-1117, setembro. 2008.

DURÁN, J. E. R. (2003) **Biofísica: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

GARCIA, E. A.C. (2002). **Biofísica**. São Paulo: Sarvier.

MOREIRA, M. A. (2005). **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

⁵ Tradicional no sentido de apenas serem utilizadas aulas expositivas e do professor não levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 4, 474-479, fevereiro. 1980.

MOREIRA, M. A. **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, 2004.

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

TREAGUST, D.; HARRISON, A. In Search of Explanatory frameworks: an analysis of Richard Feynmann's lecture 'Atoms in Motion'. **International Journal of Science Education**, Perth, v.22, n. 11, 1157-1170, outubro. 2000.