

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO FUNDAMENTAL
ARTICULADA COM CONCEITOS DE FÍSICA CLÁSSICA POR MEIO DE UNIDADES DE
ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)
(Contemporary and Modern Physics in basic education articulated with Classical Physics
under Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU))**

Érika Gomes Betetti Ferreira [erikabetetti1972@hotmail.com]

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (CAPES/IFSC)

Felipe Damasio [felipedamasio@ifsc.edu.br]

Adriano Antunes Rodrigues [adriano.rodrigues@ifsc.edu.br]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá, SC, Brasil.

Resumo

Este trabalho relata uma proposta de inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Fundamental para introduzir conceitos de Física Clássica. Tal estudo foi realizado durante dois anos com turmas do último ano do Ensino Fundamental de uma escola pública municipal de Araranguá, SC. As atividades foram realizadas inicialmente por meio de formação inicial e continuada dos professores, e após isto produção, implantação e avaliação de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) procurando evidências de evolução conceitual. Os temas de Física Moderna e Contemporânea envolviam Relatividade e Radioatividade e procurou-se articulá-los com conceitos de Física Clássica como ondas, massa, peso, gravidade, luz, eclipses. Os resultados indicam que quando a abordagem é feita por meio de radioatividade tem-se a tendência de alcançar melhores indicativos de evolução conceitual.

Palavras-chave: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas; Ensino Fundamental; Física Moderna e Contemporânea.

Abstract

This paper describes a proposal for insertion of Modern and Contemporary Physics in Elementary Education to introduce concepts of classical physics. This study was conducted over two years with classes in the last year of elementary school in a public school Araranguá, SC, Brazil. The activities were initially conducted through initial and continuous training of teachers and, after that, production, implementation and evaluation of Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU) looking for evidence of conceptual evolution. The themes of Modern and Contemporary Physics involved were Relativity and Radioactivity and sought to articulate with concepts of classical physics as waves, mass, weight, gravity, light, eclipses. The results indicate that when the approach is made by means of radioactivity there is a tendency to achieve better signs of a conceptual evolution.

Keywords: Potentially Meaningful Teaching Unit; Elementary School; Modern and Contemporary Physics.

Introdução

Aprender Física provoca nos alunos, desde o início de seu contato com a disciplina, uma reação desfavorável. O rigor necessário aos alunos, bem como o cuidado exigido nas observações e medidas são desafios que nem todos eles entendem. O uso, muitas vezes inevitável, do algebrismo, pode aborrecer quem não se sente adequadamente preparado (Betz e Teixeira, 2012). Esta matematização do ensino de Física pode levar à formação de uma imagem equivocada da Ciência,

como um acúmulo de fórmulas que devem ser decoradas. Distante da realidade e do cotidiano dos alunos, tal abordagem pode favorecer a aprendizagem mecânica.

O ensino deve ser contextualizado, considerar o cotidiano dos alunos, em seu aspecto social, ético, histórico e tecnológico (Matthews, 1995), tal situação pode levar a uma aprendizagem com significado. A aprendizagem significativa é uma aprendizagem com entendimento, com capacidade de transferência, totalmente oposta a aprendizagem mecânica, dependendo dos conhecimentos prévios do estudante e da importância do novo conhecimento e de sua predisposição em aprender. Essa predisposição depende da importância que o estudante dá ao novo conhecimento (Moreira e Masini, 2001).

O foco do ensino de Física na Educação Básica tem sido a Física Clássica, basicamente mecânica newtoniana, termodinâmica e eletromagnetismo, apesar das profundas transformações teóricas oriundas da chamada Física Moderna e Contemporânea a partir do Século XX. Desta revolução surgiram tecnologias cuja importância se destaca no cotidiano, como transistores, laser e usinas nucleares. O ambiente escolar aponta para a necessidade de se promover uma atualização curricular, buscando trazer para a sala de aula ideias mais atuais e capazes de contribuir para uma formação abrangente do estudante, habilitando-o a participar de debates envolvendo questões de Ciência e Tecnologia que repercutem na Sociedade e no Ambiente (Machado e Nardi, 2006).

É necessário discutir os efeitos que a Relatividade provocou na sociedade contemporânea. Como, o desenvolvimento da eletrônica, que foi possível em grande parte pela contribuição de Einstein e da Mecânica Quântica. Além disso, temos o microcomputador e o intenso avanço tecnológico que estamos vivenciando que, muitas vezes, estão fortemente vinculados às pesquisas desta área (Caruso e Freitas, 2009). Os estudos sobre radioatividade e física nuclear têm igual importância na construção deste conhecimento, que está tão presente no nosso cotidiano, tanto na medicina como na produção de energia.

Diante desse contexto, o estudo relatado neste trabalho descreve uma proposta que procurou criar condições para que uma aprendizagem significativa crítica fosse alcançada. Para ser crítico, antes o sujeito tem que aprender significativamente o tema específico e para isso o seu conhecimento prévio é o mais importante. Nossa proposta de levar o ensino de Física Moderna e Contemporânea, principalmente Relatividade e Radioatividade, ao Ensino Fundamental tem como objetivo o de articulá-lo também aos de Física Clássica por meio de uma abordagem mais conceitual e alinhada com o princípio da reconciliação integrativa da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, com assuntos que fazem parte do cotidiano e evitem a matematização. Procurou-se proporcionar aos discentes uma percepção da mudança na Ciência através dos tempos e como seus avanços afetam a sociedade num contexto social e cultural.

A proposta é fundamentada na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel e na Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio Moreira. Por meio de organizadores prévios, dinâmicas de grupo e também das aulas expositivas, buscou-se despertar a pré-disposição para a aprendizagem da física, que é uma das duas condições para a aprendizagem significativa de Ausubel. E para contemplar a outra condição, que o material deve ser potencialmente significativo, foram desenvolvidas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Estas unidades foram planejadas, aplicadas e avaliadas procurando indícios de evolução conceitual nos temas de Física Moderna e Contemporânea e de Física Clássica.

Este estudo aconteceu durante os anos de 2012 e 2013, com turmas diferentes, todas de 9º ano, em uma escola pública municipal da cidade de Araranguá, SC. Os resultados indicam que nem

todos os temas de Física Moderna e Contemporânea podem ser adequados para esta faixa etária com a abordagem do estudo, ao passo que outros têm grande potencialidade para promover um ambiente onde aprendizagem significativa crítica pode ser desenvolvida em conceitos de Física.

Fundamentação teórica

A Aprendizagem Significativa acontece quando uma nova informação interage com conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do educando, é um processo no qual uma informação nova se relaciona, de forma não literal e não arbitrária, com o conteúdo já existente nessa estrutura, ocorrendo uma interação entre as informações. De outro lado, temos a aprendizagem mecânica, que acontece com frequência nas escolas, que se pode definir como sendo uma aprendizagem que não tem nenhuma ou mínima interação com as concepções já existentes de conhecimento do aluno (Moreira e Masini, 2001).

A teoria de Ausubel preconiza as condições para que aconteça a aprendizagem significativa. A primeira é que a natureza do material a ser aprendido pelo educando e a estrutura cognitiva do mesmo devem estar disponíveis aos conceitos pré-existentes específicos deste novo material a ser aprendido, que seria o material potencialmente significativo. A segunda condição é que o aluno tenha pré-disposição em aprender e não apenas de memorizar aquilo que lhe é “ensinado” (Moreira, 2006).

Ausubel sugere princípios facilitadores para formação de conceitos de maneira significativa: diferenciação progressiva, reconciliação integradora, organização sequencial e a consolidação. Por diferenciação progressiva entende-se que se deve partir de uma ideia geral para os conceitos específicos de maneira progressiva, por reconciliação integradora que devemos explorar as semelhanças e diferenças entre os conceitos e reconciliar suas inconsistências reais e aparentes. Por organização sequencial, entende-se que devemos organizar de maneira sequencial e lógica os conteúdos e as relações entre eles e por consolidação que devemos persistir no domínio de determinado conteúdo por parte do estudante, respeitando a aprendizagem significativa, antes de se inserir novos conceitos, ou novos conhecimentos. Os organizadores prévios são as atividades ou materiais utilizados antes de iniciarmos um conceito mais abstrato e esses organizadores prévios servem como pontes entre o que o aluno sabe e os novos conceitos apresentados.

O objetivo do estudo descrito neste artigo foi o de promover as condições que Ausubel preconiza para ocorrer a Aprendizagem Significativa. A pré-disposição em aprender, procurando relacionar a Física com o cotidiano dos alunos, promovendo a consciência da importância deste conhecimento para o exercício da cidadania e o material potencialmente significativo com o planejamento, implementação e avaliação das UEPS.

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas são seqüências de ensino baseadas na aprendizagem significativa. As UEPS fortalecem a ideia que o mais importante na aprendizagem significativa é o conhecimento prévio; o que os alunos pensam, sentem e fazem estão integrados quando este aprende; é o aluno que decide quando quer aprender; os organizadores prévios relacionam os conhecimentos já existentes e os novos; os que dão sentido aos novos conhecimentos são as situações-problema; as situações-problema podem ser usadas como organizadores prévios; as situações-problemas devem ser propostas de maneira crescente nas suas complexidades; para resolver uma nova situação é necessário fazer um modelo mental funcional; na organização do ensino devemos levar em conta a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação; buscando na avaliação uma aprendizagem significativa progressiva; o professor é

quem propõe as situações-problema e mediador dos significados dos alunos; a interação social e a linguagem são muito importantes para a construção de significados; o ensino envolve uma relação entre aluno, professor e materiais educativos; a aprendizagem dos discentes deve ser crítica e significativa e não mecânica e, por último, a aprendizagem significativa crítica deve estimular questionamentos (Moreira, 2011).

A aprendizagem significativa crítica, proposta por Marco Antonio Moreira (Moreira, 2005), presume uma abordagem que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. É por meio da aprendizagem significativa crítica que o educando poderá lidar com a mudança que acontece à sua volta, de maneira positiva, sem deixar-se dominar por ela e conseguir manipular estas informações sem se sentir impotente diante destas mudanças. Moreira também sugere princípios e estratégias para facilitar a aprendizagem. Estas estratégias foram direcionadas para facilitar seu uso fora da sala de aula e ao mesmo tempo, sendo críticas em relação ao que acontece nos ambientes de ensino.

O estudo aqui relatado procurou que os alunos desenvolvessem a capacidade de serem críticos ao internalizar os conceitos socialmente construídos e contextualmente aceitos. A intenção foi a de permitir que os alunos do Ensino Fundamental percebam que o estudo de física é relevante para eles e possibilita que possam ter condições mais adequadas de exercer sua cidadania, tendo consciência das decisões que tomam, ou seja, fazer parte da cultura científica, mas assumindo uma postura crítica em relação à ela.

Contexto do Projeto

O IFSC, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, é uma instituição pública federal com sede e foro em Florianópolis, capital do estado. O *campus* Araranguá iniciou suas atividades em 2008 e, em 2009, ingressou a primeira turma do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza com habilitação em Física. Esse curso é voltado à formação de profissionais para o exercício da docência. Segundo o projeto pedagógico do curso defende o pressuposto de que a prática social é o ponto de partida para a construção do conhecimento. Como a docência é o foco do curso, são realizadas aproximações sistemáticas e contínuas com as redes públicas voltadas à educação básica e à educação profissional de nível médio. O *campus* Araranguá conta com o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação a Docência (PIBID) em parceria com algumas escolas municipais e estaduais para que os futuros formandos em licenciatura em Física possam observar o cotidiano das escolas, o contato aluno/professor, aluno/escola e professor/escola.

A Escola de Educação Básica Nova Divinéia começou a oferecer em 1990 o Ensino Fundamental, beneficiando alunos da comunidade do bairro Nova Divinéia. Em 2004, passou a ocupar um novo prédio. Os alunos que frequentam a escola são, predominantemente, oriundos de famílias do comércio, indústria, construção civil, serviço público e agricultores. O marco filosófico do seu projeto pedagógico defende que a escola seja dinâmica, integrada com responsabilidade social, respeitando as diferenças e comprometida com a formação de cidadãos críticos e éticos. A proposta pedagógica da escola leva em conta a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, o Estatuto da Criança e Adolescente e, segundo seu projeto pedagógico, privilegia o ensino enquanto construção do conhecimento e desenvolvimento pleno das aptidões. E tem como objetivo proporcionar ao educando a apropriação e socialização do conhecimento historicamente construído e a produção de novos conhecimentos técnico científico e social que garanta uma educação de qualidade, formando cidadãos conscientes, criativos e responsáveis.

O presente estudo foi desenvolvido em turmas de 9º ano do Ensino Fundamental nos anos de 2012 e 2013. A turma de 2012 contava com 17 alunos e a turma de 2013 contava com 25 alunos.

Metodologia

Este estudo procurou articular o ensino de Física Moderna e Contemporânea, principalmente Relatividade e Radioatividade, ao currículo formal de Ciência (Física Clássica) do último ano do Ensino Fundamental por meio da reconciliação integrativa. As atividades transcorreram nos anos de 2012 (Relatividade) e 2013 (Radioatividade). A metodologia pode ser dividida em três etapas, que foram repetidas para ambos os anos:

- formação inicial e continuada dos professores;
- produção e utilização das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas;
- avaliação das UEPS procurando indícios de evolução conceitual em Física Moderna e Contemporânea e em Física Clássica.

Formação inicial e continuada de professores

Devido aos temas de Relatividade e Radioatividade não serem abordados com a mesma profundidade que os de Física Clássica durante a formação inicial de professores de Física, tanto a professora-pesquisadora como a titular da turma não possuíam formação adequada ao desenvolvimento do estudo, fator que determinou que se começasse com a formação inicial e continuada dos professores envolvidos, em temas de Física Moderna e Contemporânea e sua articulação com os de Física Clássica.

Esta formação inicial e continuada teve uma abordagem predominantemente histórico-fenomenológica. Foram produzidos textos sobre os temas discutidos que antecederam o processo de construção de cada UEPS, tanto para Relatividade quanto para Radioatividade.

Durante o ano 2012, o tema de Relatividade foi o abordado durante todo o período letivo. A formação se constituía em encontros semanais com duração de duas aulas entre os professores em formação inicial, continuada e o professor coordenador do estudo. O livro-base para tal formação fora escrito pensando em servir de aporte a professores que desejassem abordar Relatividade no Ensino Básico: *Relatividade de Einstein em uma abordagem histórico-fenomenológica* (Damasio e Ricci, 2009). Também foram utilizados artigos, dentre eles: "O mistério do éter" (Damasio, 2012) e "Buracos nem tão negros assim" (Damasio e Pacheco, 2009).

Nas reuniões semanais houve, inicialmente, discussões sobre a Teoria da Relatividade Especial e, em um segundo momento, Relatividade Geral. Em cada encontro um dos professores em formação preparava, em forma de seminário, a apresentação de um dos capítulos do livro-base. Durante a apresentação os tópicos abordados eram aprofundados e articulados com conceitos de Física Geral por meio da reconciliação integrativa, e ao final, buscou-se a idealização da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Os temas/capítulos discutidos durante os seminários foram:

- (i) Relatividade de Einstein em uma história fenomenal;
- (ii) Escrevendo certo com linhas tortas, Galileu e Newton (Buracos nem tão negros assim);
- (iii) Huygens (Mistério do éter) e Maxwell;
- (iv) Simples assim (Quem foi Albert Einstein?);

(v) Teoria da Relatividade Especial e Geral (A história se repete).

No ano de 2013, a estrutura de formação inicial e continuada de professores continuou a mesma, porém como o assunto era Radioatividade o livro-base foi outro. Para servir de aporte para a construção das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas optou-se por um livro fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa: *Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la* (Damasio e Tavares, 2010). Nas reuniões, as discussões também basearam-se nos capítulos do livro, abordando os seguintes temas:

- (i) Pioneiros do estudo da radiação;
- (ii) Elemento radioativo, o que é?;
- (iii) Transformando um elemento em outro, alquimia;
- (iv) Quanto tempo que dura um elemento radioativo;
- (v) Benefícios e malefícios da radioatividade e Geração de energia elétrica.

As construções das UEPS eram vislumbradas procurando-se a articulação com conceitos de Física Clássica após a discussão entre os professores em formação e o coordenador do estudo.

Desenvolvimento e aplicação das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

Para cada um dos temas abordados nos seminários, uma UEPS foi construída. Portanto, foram cinco para Relatividade e cinco para Radioatividade. Esta sequência didática é fundamental porque se constitui em uma das duas condições necessárias preconizadas por Ausubel para que a Aprendizagem Significativa ocorra, a saber; que o material seja potencialmente significativo.

Para tentar alcançar a outra condição necessária – pré-disposição em aprender – foram utilizados diversos recursos para organização prévia em cada uma das UEPS. Entre eles: experimentos didáticos, vídeos, debates e dinâmicas de grupo.

A situação inicial de cada uma das UEPS e sua construção foram:

(i) *Relatividade de Einstein em uma história fenomenal*. Esta primeira UEPS foi iniciada com dois experimentos como organizadores prévios: a “Cama elástica” e “Encurvando o tempo em 3D”, estes procuravam demonstrar como seria o comportamento da curvatura do espaço-tempo, para detectar conhecimentos prévios a respeito do tema a ser trabalhado, pedia-se que os alunos montassem os experimentos, durante o desenrolar da experiência procurava-se mostrar que a massa interfere diretamente nessa curvatura. Foram produzidos textos para complementar os experimentos procurando promover um ambiente onde a aprendizagem significativa pudesse ser alcançada.

Logo após, iniciou-se a aula expositiva dialogada com a seguinte situação-problema: ‘Simultaneidade o que é isso?’. Questões sobre presente, passado e futuro, na qual os alunos ficaram muito intrigados e com certa incredulidade, o que proporcionou vários questionamentos. Os conceitos da Física Clássica que foram articulados a partir da situação inicial foram: luz, referencial e velocidade e aceleração.

(ii) *Escrevendo certo com linhas tortas, Galileu e Newton (Buracos nem tão negros assim)*. Nesta unidade usou-se, como situação-problema, a formação dos buracos negros. Foi discutido horizonte de eventos e a história dos gêmeos no buraco negro e também como se gera uma estrela. Esta aula foi desenvolvida com a intenção de discutir informações sobre a formação dos buracos negros e sobre o princípio da preguiça cósmica. Os conceitos da Física Clássica abordados durante essas aulas foram os de corpos celestes, Luas, massa e gravidade.

(iii) *Huygens (Mistério do éter) e Maxwell*. Esta unidade permitiu a discussão de vários temas tais como: o que é onda, a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas. Uma das aulas que os alunos mais participaram, onde conseguiram discutir com mais segurança, parecendo ser um tema menos complexo. Buscou-se conhecer um pouco do trabalho de Huygens e, em relação a Maxwell, o objetivo era fazer com que os discentes compreendessem sua importância para a Física, no desenvolvimento do conhecimento sobre eletromagnetismo. Os questionamentos feitos aos alunos foram aumentando sua complexidade com o passar das aulas.

(iv) *Simples assim*. Esta UEPS foi construída para que os alunos pudessem conhecer a história de Einstein e sua contribuição na Física.

(v) *Teoria da Relatividade Geral (A história se repete)*. Nesta unidade tentou-se mostrar aos alunos que as ideias de Newton não eram mais hegemonicamente aceitas. Foram promovidas discussões sobre temas relacionados à gravidade e sua influência no passar do tempo, que nos campos gravitacionais mais intensos o tempo transcorreria mais devagar do que onde não existem tais campos.

A construção de uma UEPS envolve toda uma sequência didática cuja descrição integral alongaria demasiadamente este artigo. Porém, exemplos de reproduções de UEPS integrais podem ser encontrados na literatura (Moreira, 2011; Ferreira, 2013).

Em relação à Radioatividade, a situação inicial de cada uma das UEPS e sua construção foram:

(i) *Pioneiros do estudo da radiação*. Iniciou-se esta UEPS com dois vídeos sobre acidentes radioativos, um acontecido em Goiânia e o outro na Ucrânia (Chernobyl). Após a entrega do texto houve a articulação com o tema dos vídeos, iniciou-se um debate e, ao final da aula, foi pedido aos alunos que desenvolvessem um texto sobre o que entenderam dos vídeos. Na primeira aula expositiva foram aprofundados os assuntos já discutidos anteriormente e depois os alunos foram incentivados a realizarem um debate. Após uma aula sobre a família Curie, foi solicitado um resumo de dez linhas sobre o tema. Os conceitos de Física Clássica articulados foram: raios catódicos, elemento químico, onda eletromagnética e elementos de onda.

(ii) *Elemento radioativo, o que é?* Nesta UEPS, após a exposição da aula, os alunos ficaram a vontade para fazerem relações sobre os temas até então discutidos. Durante a apresentação foi feita a articulação com vários conceitos de Física Clássica, tais como: força gravitacional, massa, gravidade, peso.

(iii) *Transformando um elemento em outro, quase Alquimia*. Nesta unidade os alunos receberam um texto que foi produzido durante a formação inicial e continuada, e ainda foi exibido um filme como organizador prévio que se relaciona com o tema, a saber: “A Pedra Filosofal”, para abordar a Alquimia. Os conceitos da Física Clássica articulados nesta UEPS foram: fenômenos químicos e físicos, elementos químicos, número atômico e tabela periódica.

(iv) *Quanto tempo dura um elemento radioativo*. Nesta unidade são propostas situações que favoreceram um questionamento dos alunos sobre os assuntos estudados até então. Na sequência foi proposta uma discussão sobre o texto relacionado à aula, que tratava da meia-vida de um elemento. Os conceitos da Física Clássica articulados nesta UEPS foram: átomos, número atômico e partículas elementares.

(v) *Benefícios e malefícios da radioatividade e Geração de energia elétrica*. Após as aulas expositivas, um debate foi realizado e uma visita de campo à Barragem do Rio São Bento Baixo e à Termoelétrica de Capivari de Baixo. Além disto, foi proposto um relato oral sobre os temas relacionados com a visita de campo. Sobre os benefícios e malefícios das modalidades de geração, aconteceu uma conversa informal anteriormente, para avaliar os conhecimentos prévios. A

articulação com a Física Clássica foi feita por meio da discussão de indução eletromagnética, corrente elétrica e diferença de potencial.

Avaliação

A intenção deste estudo não é criar condições para que a chamada mudança conceitual ocorra, já que este tipo de aprendizagem é raramente identificado nas pesquisas em ensino de Ciência, mas contribuir com a evolução conceitual, tanto em Física Moderna e Contemporânea como em Física Clássica.

Para procurar indícios de evolução conceitual, o estudo procurou diversificar a avaliação. Sempre procurando promover um tipo de avaliação de acordo com a sugestão da Teoria da Aprendizagem Significativa, ou seja, com a argumentação de que os estudantes se acostumam a memorizar proposições, fórmulas, causas, exemplos e suas explicações, além de maneiras de resolver problemas típicos. Deve-se evitar, portanto, simulações de aprendizagem significativa. Questões e problemas que sejam novos e não familiares e que requeriam máxima transformação do conhecimento dos alunos. Devem ser privilegiadas Tarefas de aprendizagem sequencialmente dependentes do material instrucional que não sejam possíveis sem o perfeito domínio dos conceitos.

Uma das alternativas foi uma dinâmica adaptada do jogo Bingo para avaliar os conceitos discutidos sobre Relatividade e Radioatividade. Foi preparado com antecedência o número de cartelas de acordo com o número de alunos, contendo apenas as respostas. As perguntas foram escritas em papéis e ia-se sorteando uma a uma, sendo lidas devagar e em voz alta e os alunos verificavam se a resposta correta estava em sua cartela, se estivesse ia-se marcando até completarem a cartela toda. Este tipo de avaliação foi utilizado após a realização de experimentos e aulas expositivas dialogadas. O resultado deste bingo não foi o esperado, evidenciando dificuldade dos alunos em entenderem os conceitos.

Outra alternativa proposta foi um debate com dois grupos entre posições opostas de um determinado tema. Foi solicitado aos alunos que estudassem sobre os temas antecipadamente. Cada grupo estudou sobre cada tópico nos textos que acompanharam as aulas. Ficando encarregados de fazer listas de perguntas para o grupo adversário. Assim, após cada pergunta o grupo ia defendendo sua versão sobre a questão discutida.

Outra forma de avaliar foi quando foi solicitado aos alunos que apresentassem uma simulação de telejornal, foi dado um texto com informações do conflito entre Coreia do Sul e Coreia do Norte, sobre o fato de estes países poderem começar uma guerra nuclear. A turma foi dividida em dois grupos, nos quais cada integrante ficou responsável por uma: câmera, apresentadores e editores. Foi pedido que estudassem antecipadamente o tema antes da apresentação, que observassem como se comportam as pessoas durante a apresentação de um telejornal, na sua execução.

Também se buscou avaliar a evolução conceitual dos alunos por meio de leituras imagética (Pacheco e Ramos, 2013), na qual foram utilizadas imagens relacionadas aos conceitos estudados. Esta é uma opção de avaliação individual.

Resultados

Como este trabalho foi fundamentado na Aprendizagem Significativa de Ausubel, o conhecimento prévio dos alunos é a variável mais relevante no processo ensino-aprendizagem. Este

conhecimento pode ser diferente dos conhecimentos cientificamente aceitos – as chamadas concepções alternativas, constituindo-se assim como obstáculos para o processo de aprendizagem. Estas concepções são produtos imaginativos para entender e descrever o mundo físico que os rodeia e devem ser encaradas como construções pessoais.

Uma estratégia para buscar esta mudança conceitual das concepções alternativas para as cientificamente aceitas foi a tentativa de o professor gerar um conflito, numa situação de ensino formal, a qual leve o aluno a uma acomodação, mas não tão grande que o faça abandonar a tarefa. O resultado dessa acomodação seria uma mudança conceitual. Posner et al (1982), defendem que para existir a mudança conceitual seria necessário que o aprendiz se sentisse insatisfeito com as concepções já existentes. Também que esse aprendiz devesse entender o novo conceito para aproveitar suas possibilidades. E ainda que esse novo conceito devesse ao menos, parecer, ter a capacidade resolver os problemas que suas concepções anteriores já solucionam. Os dois primeiros modelos – o do conflito cognitivo e o de Posner et al. – são tão atrativos aos pesquisadores e professores que geraram vários estudos sobre mudança conceitual, principalmente nas décadas de 1980 e 1990. Entretanto, não proporcionaram muito em relação à mudança conceitual que propunham. Houve persistência de concepções "velhas", "errôneas" ou "alternativas", dependendo da situação, o que indica que tal mudança é no mínimo rara (Moreira e Greca, 2003).

Uma alternativa à ideia de mudança conceitual pode ser vislumbrada na epistemologia de Stephen Toulmin (Ariza e Hares, 2002). Ao formular o conceito de evolução conceitual, Toulmin sugere que ele ocorra de forma gradual, como em qualquer transformação. Em relação a educação, podemos entender que os indivíduos mantêm elementos da antiga concepção enquanto vão incorporando elementos da nova concepção. Antes de evoluir conceitualmente, os discentes passam pela etapa das concepções mistas, que está entre as concepções alternativas, aquelas que o indivíduo traz consigo, e as cientificamente aceitas. Pois o ensino deve dar aos alunos a oportunidade de conscientizarem-se sobre tais concepções, tanto as alternativas quanto as científicas.

Na literatura podemos encontrar descrições das concepções alternativas, de professores e alunos da Educação Básica, tanto em Relatividade (Berenguer, 1997) como em Radioatividade (Aparicio e Ruz, 1999; Lijnse et al, 1990). Em relação à Relatividade, podemos sintetizar os erros mais comuns de professores a tendência a explicar as ideias relativísticas por meio das noções newtonianas – que conduz a confusão e interpretação inadequada por parte dos alunos (Ostermann e Ricci, 2002), e em radioatividade que este fenômeno é mais comum em centrais nucleares que em minerais, como o urânio.

Quando procuramos indícios de evolução conceitual em relação aos conceitos de Relatividade e de Física Clássica tivemos indicativos que a abordagem do estudo não foi adequada para gerar as concepções mistas.

A análise deste resultado pode indicar que os alunos não perceberam que os conceitos que envolvem a Relatividade são importantes para seu cotidiano e que seriam úteis para eles, ou seja, a Relatividade, por meio da proposta deste estudo, não despertou a predisposição em aprender. Além disso, percebeu-se que os conceitos de Relatividade, mesmo procurando uma diversidade de material e de estratégias de ensino por meio das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), se mostraram muito abstratos para a idade dos alunos. Logo, os conceitos discutidos não conseguiram se relacionar aos conhecimentos prévios dos alunos, pois, eles não conseguiram relacioná-lo com os novos conceitos que consideraram muito abstratos.

Não houve atribuição de significado, de todos os alunos, aos novos conceitos, e o material não foi potencialmente significativo. Analisando os dados de Relatividade percebeu-se que nenhuma das duas condições que Ausubel preconiza foi alcançada, levando a uma Aprendizagem Mecânica, que foi percebida nas avaliações, na qual os alunos reproduziam literalmente o conhecimento que foi exposto, pela definição de Ausubel a aprendizagem foi mecânica.

Com relação ao tema Radioatividade, as estratégias do estudo conseguiram fazer com que os alunos mostrassem uma pré-disposição em dar significado os novos conceitos. Uma análise para esta diferença em relação a Relatividade, talvez seja pelo tema ser mais conhecido e estar presente em vários assuntos abordados no cotidiano, inclusive nos telejornais. Foi possível identificar nos discentes, conhecimentos prévios onde o material instrucional e as estratégias de ensino podiam ancorar os novos conceitos, de modo não literal e não arbitrária. O resultado alcançado foi muito produtivo nos alunos em resposta à evolução conceitual que obtiveram. Apesar de o estudo ter encontrado em algum momento certos conceitos com um grau maior de dificuldade, os alunos receberam bem tais conceitos e evoluíram conceitualmente de maneira satisfatória.

Pode-se perceber que as duas condições preconizadas por Ausubel foram alcançadas por meio das avaliações realizadas, houve indícios de uma evolução conceitual não literal e não arbitrária, eles não reproduziram mecanicamente os tópicos discutidos em sala de aula.

Os resultados finais do estudo mostram que as unidades que abordavam radioatividade tiveram resultados bem diferentes daqueles obtidos pelas unidades sobre relatividade. Nossa análise do estudo identificou um possível motivo para esta diferença: acreditamos que os alunos perceberam que os conteúdos estudados sobre radioatividade eram relevantes para eles e que também poderiam ser úteis no seu dia a dia, favorecendo a pré-disposição em aprender os conceitos de radioatividade e os de física clássica associadas a ela. Os materiais construídos através das UEPS sobre este tema foram, de fato, potencialmente significativos, porque os alunos conseguiram relacionar com sua estrutura cognitiva.

Considerações finais

Ainda existe uma escassa literatura a respeito de questões metodológicas a respeito do ensino da Física Moderna e Contemporânea. Quando o nível de ensino é o fundamental, pode-se afirmar que são menores ainda. O estudo relatado neste artigo procurou contribuir neste sentido. Por meio dele obtivemos alguns indicativos de assuntos que podem ser mais ou menos adequados ao Ensino Fundamental.

Os resultados positivos, no que tange a introdução de conceitos de Física Clássica por meio da Radioatividade contemplaram os objetivos propostos de promover evolução conceitual em Física Clássica através da abordagem de temas de Física Moderna e Contemporânea. Com o tema de Radioatividade os alunos mostraram maior pré-disposição em aprender os conceitos que envolvem este tópico.

Ao comparar os dois temas, Radioatividade e Relatividade, os resultados deste estudo indicam que para tentar introduzir esses conceitos de Física Clássica para essa faixa etária com a proposta do estudo, o tópico da Radioatividade é mais adequado. Além disso, a Radioatividade teve outro avanço importante que deve ser considerado, pois, os resultados indicam não apenas indícios de aprendizagem significativa, mas também que os alunos conseguiram criticar a própria Física. Ou seja, fazer parte de uma cultura e mesmo assim ser crítica em relação a ela, que é a definição de

aprendizagem significativa crítica. Este avanço é muito relevante quando analisamos que um dos objetivos deste estudo era exatamente criar condições para que a aprendizagem significativa crítica ocorresse.

O avanço deste estudo pode ser entendido como um indicativo que a primeira abordagem de física formal no Ensino Fundamental pode ser por meio da Física Moderna e Contemporânea visando também abordar conceitos de Física Clássica. Porém, o estudo não conclui de forma alguma que a Relatividade seja definitivamente inadequada para ser ensinada para esta faixa etária e menos ainda que não permita que haja articulação de conceitos de Física Clássica a ela. A conclusão do estudo é de que, por meio da proposta metodológica desenvolvida, ela se mostrou menos adequada que a Radioatividade. Sendo assim, outra contribuição importante do estudo é a proposição de um problema a ser investigado sobre quais procedimentos podem ser desenvolvidas para que a Relatividade consiga despertar a pré-disposição em aprender e ainda que um material potencialmente significativo seja desenvolvido para alunos do Ensino Fundamental.

Referências

- Aparicio, J. M. de P. e Ruz, T.P. (1990). Exploraciones gráficas de ideias extraescolares de los alumnos sobre radiatividad. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), 127-130.
- Ariza, R. P. e Harres, J. B. S. (2002). A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19 (Especial), 70-83.
- Berenguer, R. A. (1997) Errores comunes sobre relatividad entre los profesores de enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 301-307.
- Betz, M. E. M. e Teixeira, R. M. R. (2012). Material Instrucional Apresentando Conteúdos de Métodos Computacionais para o ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29 (Especial 2), 787-811.
- Cardoso, S. O. de O. e Dickman, A. G. (2012). Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29 (Especial), 891-934.
- Caruso, F. e Freitas, N. (2009) Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26 (2): p. 335-366.
- Damasio, F. (2012). O mistério do éter. *Ciência Hoje das Crianças*, v. 25, p. 6-9.
- Damasio, F. e RicciI, T.F. (2009) Relatividade de Einstein em uma abordagem histórico-fenomenológica. *Textos de Apoio ao Professor de Física*, v. 20, p. 1-49.
- Damasio, F. e Tavares, A. (2010) *Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la*. Campinas: Autores Associados.
- Damasio, F. e Pacheco, S.M.V. (2009) Buracos nem tão negros assim. *A Física na Escola*, 10 (1), 30-35.
- Ferreira, E. G. B. *Abordagem de Física Moderna e Contemporânea no 9º ano do Ensino Fundamental a inserção de conceitos de Física Clássica*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2013.
- Lijnse, P. L., Eijkelhof, H. M. C., Klaassen, C. W. J. M., Scholte, R. L. J. (1990). Pupils' and mass-media ideas about radioactivity. *International Journal of Science Education*, London, 12 (1), 67-78.
- Machado, D. I. e Nardi, R. (2006). Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28 (4), 473-485.
- Mathews, M. R. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 12 (3), 164-214.

- Moreira, M. A. (2000). *Aprendizagem Significativa Crítica*. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa – Lisboa: 2000. Atas... Lisboa, p 33-45.
- Moreira, M. A. (2011) Unidades de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1 (2), 43-63.
- Moreira, M. A. e Masini, E. F. S. (2001) *Aprendizagem Significativa - A teoria de David Ausubel*. São Paulo, Centauro Editora.
- Moreira, M. A.; Greca, I. M. (2003) Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9 (2), 301-305.
- Ostermann, F. e Ricci, T.F. (2002). Relatividade restrita no ensino médio: Contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19 (2), 176-190.
- Pacheco, T. A. e Ramos, C. O. (2013) *Percepção de alunos e professores da rede pública e privada de ensino de Araranguá sobre leituras imagéticas nas aulas de Física*. XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – São Paulo: 2013. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física. 1-12.
- Posner, G.J., Strike, K.A.; Hewson, P.W.; Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211-227

Recebido em: 02.04.14

Aceito em: 06.05.14