

O ENSINO DE RELATIVIDADE RESTRITA NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Claudinéia de Oliveira Martins

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, Brasil

Mara Fernanda Parisoto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Palotina, Brasil

Tobias Heimfarth

Universidade Federal da Fronteira Sul, Realeza, Brasil

Reginaldo Aparecido Zara

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, Brasil

André Ary Leonel

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

RESUMEN: Dadas as necessidades da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e a escassez de trabalhos aplicados em sala de aula que abordam Relatividade Restrita, propôs-se uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre o tema e se investigou se esta é mais facilitadora da Aprendizagem Significativa do que as aulas tradicionais. A UEPS e as aulas tradicionais foram aplicadas em grupos distintos de alunos, avaliados por meio de um questionário antes e depois das intervenções. Quando comparados os resultados referentes a estes dois momentos, observa-se um aumento de ganho na média das avaliações posteriores para ambos os métodos, com uma diferença significativa em favor da UEPS. Utilizou-se da análise estatística inferencial para validar o questionário e mostrar que as diferenças observadas estão estatisticamente ligadas às intervenções.

PALABRAS CLAVE: Ensino de Física. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Relatividade Restrita. Aprendizagem Significativa.

OBJETIVOS: Avaliar se a evolução de conhecimentos conceituais, procedimentais e de aplicação na ciência do conteúdo de relatividade restrita dos estudantes submetidos a uma UEPS desenvolvida é mais facilitadora de Aprendizagem Significativa do que as aulas tradicionais.

MARCO TEÓRICO

Segundo Ausubel (2002), quem quer facilitar a Aprendizagem Significativa (AS) para novos conhecimentos precisa descobrir os conhecimentos prévios dos alunos e ensinar de acordo com eles. O autor ainda reforça que o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe.

Para haver a AS são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender (Ausubel, 2002), se o aluno quiser memorizar o conteúdo, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o material de aprendizagem deve se relacionar de forma não arbitrária e não literal com os conhecimentos prévios dos estudantes. E para isso, é necessário que esse material de aprendizagem seja potencialmente significativo (Moreira, 2012), como por exemplo, a apresentação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Cabe aqui identificar o que é uma UEPS e diferenciá-las das aulas tradicionais.

A UEPS (Moreira, 2011) é uma proposta de construção de uma Sequência Didática fundamentada em teorias de aprendizagem, especialmente da AS (Ausubel, 2002). Nas UEPS, os materiais, estratégias e recursos tecnológicos devem ser diversificados, o questionamento, o diálogo e a crítica dos estudantes devem ser estimulados. Devem ser propostas atividades colaborativas e também atividades individuais.

Segundo Moreira (2011) a UEPS é composta por oito passos: 1) Identificação dos conhecimentos prévios; 2) Criar situações - a partir de várias ferramentas que levem o aluno a querer pensar, criar um modelo mental de seus conhecimentos prévios; 3) Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno; 4) Apresentação do conhecimento partindo do mais geral para o mais específico; 5) Retomada dos aspectos mais gerais do conhecimento estudado com a inserção de uma situação-problema de maior complexidade; 6) Breve exposição oral e retomada das características mais relevantes do conteúdo. Novas situações-problema em níveis mais altos de complexidade; 7) Avaliação da aprendizagem dos alunos ; 8) Buscar evidências de AS.

Nesse sentido, nossa análise se pauta sob o olhar do referencial da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e da UEPS construída por Riboldi (2015) para ensinar conceitos da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) no Ensino Médio (EM).

METODOLOGIA

A proposta foi implementada, simultaneamente, em quatro turmas da 3ª série do EM, de duas escolas estaduais localizadas na cidade de Capitão Leônidas Marques-PR. Essas turmas foram divididas em dois grupos. Em duas delas, denominadas de Grupo Experimental (GE), e composta por 50 alunos foi aplicado a UEPS e nas outras duas, denominadas de Grupo de Controle (GC), compostas por 52 alunos foram ministradas aulas tradicionais (aulas expositivas seguidas de resolução de exercícios). Todos os alunos possuíam entre 16 e 17 anos e em sua maioria não trabalhavam. Tanto nas UEPS quanto nas aulas tradicionais foram abordados os mesmos conteúdos de Relatividade Restrita (RR), tiveram a mesma duração total de 24 horas/aula, com início em 01/08/2016 e término em 16/10/2016, e ambas ocorreram no período matutino.

Foi construído um questionário com 60 questões para ser aplicado como pré-teste e pós-teste, que foi dividido em cinco seções: 1) referencial inercial, 2) invariância da velocidade da luz, 3) dilatação temporal, 4) contração do comprimento e 5) simultaneidade de eventos. As quatro primeiras continham questões de cunho conceitual, procedimental e aplicação da ciência, enquanto que a quinta agregava apenas questões de cunho conceitual e procedimental. Todas as questões foram formuladas em pares que visam além de testar o mesmo conhecimento, processo importante para a validação do questionário, como por exemplo o par mostrado na tabela 1, visam verificar se os alunos são capazes de generalizar os conhecimentos aprendidos. Atribuiu-se 1,0 para questões respondidas corretamente, -1,0 para questões respondidas incorretamente e 0,0 para “não sei”, de forma a manter o valor esperado para um aluno que não saiba a resposta nulo.

Tabela 1.

A tabela mostra duas questões conceituais (pares) sobre o conceito de referencial inercial. Todas as questões que compunham o questionário possuíam pares e em todas elas o objetivo era avaliar o mesmo conceito, porém de forma diferente. Assim, é possível saber, a partir da análise estatística, se os estudantes potencialmente compreenderam o conceito e marcaram a opção correta ou não sabiam e marcaram uma das opções aleatoriamente.

	NS	C	D
Referencial inercial			
1. O movimento de um objeto livre de forças externas é descrito em um referencial como tendo uma aceleração uniforme.			
2. Em um referencial não inercial mesmo objetos livres de interações externas aparentam estar sobre influência de forças.			

REFERENCIAL INERCIAL¹

Assinale apenas uma alternativa para cada questão, observando as seguintes informações:
NS=Não sei; C=Concordo; D=Discordo.

Realizou-se a validação interna do questionário através de análise do conteúdo, sendo aprovado por 4 professores de diferentes instituições de ensino superior. Também foi feito o cálculo da fidedignidade utilizando-se as respostas das 235 aplicações feitas (alguns alunos fizeram somente o pré-teste e não aparecem no estudo geral), resultando em um coeficiente de Cronbach de 0,974, o que significa que o instrumento possui boa fidedignidade (Moreira e Rosa, 2007).

A comparação de desempenho entre os métodos de intervenção foi feita a partir da média da pontuação nos questionários dos grupos. Também foram calculadas as significâncias associadas através do teste T para amostras independentes (na comparação entre grupos) e do teste T para amostras pares (na comparação entre pré-teste e pós-teste de um mesmo grupo) usando o pacote estatístico SPSS (Dancey e Reidy, 2007). Esses dois tipos de testes estatísticos determinam a significância que informa sobre a maior ou menor possibilidade de obter o resultado devido ao erro amostral (por acaso) caso não existe diferença entre os dois grupos medidos (hipótese nula). Considera-se que se a significância encontrada for menor do que 0,05 (5%), a hipótese nula pode ser descartada, e então há um suporte razoável para a hipótese de que os grupos apresentam diferença na característica pesquisada, cuja amplitude é dada pela média. Utilizou-se dos resultados do pré-teste do GE para identificar seus conhecimentos prévios, reformular o planejamento didático e ensinar de acordo com eles. A partir dessas informações, definiu-se a Sequência Didática em dois momentos: o primeiro, denominado Durante a Aula, foram realizadas aulas expositiva-dialogadas a partir de três etapas (atividade inicial, desenvolvimento e fechamento) e o segundo, chamado de Pós-aula, foram organizadas atividades extras que deveriam ser realizadas pelos alunos para um melhor acompanhamento da próxima aula. Ressalta-se que em todos os encontros foram realizados feedbacks das atividades desenvolvidas no encontro anterior. Na tabela 2, há uma descrição resumida das aulas utilizando a UEPS.

1. Para ter acesso ao questionário e/ou a UEPS completa entre em contato com o primeiro autor do artigo.

Tabela 2.
Descrição da UEPS.

Encontro	Síntese das aulas	Horas/Aulas
1	<i>Atividade inicial:</i> Apresentação da UEPS e dos métodos de avaliação. <i>Desenvolvimento:</i> Discussão de quatro questões sobre a TRR. <i>Fechamento:</i> Aplicação do pré-teste 1 e do pré-teste 2. Pós-Aula: Pesquisa sobre a TRR com o intuito de coletar material para a produção de uma resenha sobre o assunto.	3
2	<i>Atividade inicial:</i> Histórico sobre a TRR. <i>Desenvolvimento:</i> Construção de um mapa conceitual sobre os assuntos tratados até o momento. <i>Fechamento:</i> Aplicação do pré-teste 3 e do pré-teste 4. Pós-aula: Alunos visualizaram um vídeo sobre o jogo “A Slower Speed of Light” e responderam questões relacionadas	3
3	<i>Atividade inicial:</i> Uso do jogo “A Slower Speed of Light”. <i>Desenvolvimento:</i> Resolução de cinco questões sobre o jogo. <i>Fechamento:</i> Apresentação dos fenômenos relativísticos presentes no jogo (contração do espaço, dilatação temporal, efeitos Doppler, Holofote e Terrell) e aplicação do pré-teste 5. Pós-aula: Leituras complementares sobre a TRR e resolução de perguntas sobre os conceitos de tempo, espaço e referencial inercial.	3
4	<i>Atividade inicial:</i> Trabalho com três animações que tratavam dos fenômenos relativísticos onde se buscavam explicações para os fenômenos observados no jogo. <i>Desenvolvimento:</i> Continuou-se trabalhando com as animações. <i>Fechamento:</i> Aula dialogada sobre a importância dos conceitos de tempo, espaço e referencial inercial para a explicação dos fenômenos que estavam presentes nas animações. Pós-aula: Deduzir por meio do teorema de Pitágoras a expressão para a dilatação temporal a partir dos dados fornecidos na animação do “relógio de luz”.	3
5	<i>Atividade inicial:</i> Foi proposto aos alunos a visualização do vídeo sobre o “Paradoxo dos Gêmeos”, e buscassem uma explicação para o fenômeno apresentado. <i>Desenvolvimento:</i> Iniciar uma discussão coletiva a fim de buscar uma explicação para o fenômeno apresentado no Paradoxo dos Gêmeos e aplicação do pós-teste 1. <i>Fechamento:</i> Aplicação do pós-teste 2. Pós-aula: Resolução de uma situação-problema (o paradoxo do trem).	3
6	<i>Atividade inicial:</i> Aprofundamento do conteúdo 1. Introdução ao tema, a partir da apresentação, discussão e resolução do paradoxo do trem. <i>Desenvolvimento:</i> Aula expositiva-dialogada sobre o fenômeno da contração do espaço. <i>Fechamento:</i> Apresentação do paradoxo do celeiro e os conceitos envolvidos nessa situação com o objetivo de motivar os estudantes a querer pensar sobre o assunto e aplicação do pós-teste 3. Pós-aula: Resolução de uma situação-problema sobre o fenômeno da simultaneidade de eventos.	3
7	<i>Atividade inicial:</i> Avaliação somativa individual sobre a TRR. <i>Desenvolvimento:</i> Aprofundamento do conteúdo 2 (discussão e resolução de uma situação-problema sobre o fenômeno da simultaneidade de eventos, a partir de uma aula expositiva-dialogada sobre o fenômeno). <i>Fechamento:</i> Aplicação do pós-teste 4 e do pós-teste 5. Pós-aula: Resolução de uma situação-problema envolvendo as limitações da Mecânica Clássica para objetos a altas velocidades.	3
8	<i>Atividade inicial:</i> Aula expositiva dialogada integradora (retomada de todo o conteúdo da UEPS). <i>Desenvolvimento:</i> Retomar, por meio de uma aula expositiva, todo o conteúdo envolvidos nas animações e no jogo (princípios da TRR, simultaneidade, dilatação temporal, contração de Lorentz, entre outros). <i>Fechamento:</i> Finalização da pós-resenha e do pós-mapa conceitual. Pós-aula: Avaliação da UEPS pelos alunos por meio da aplicação de questionário pós-aplicação da UEPS.	3

RESULTADOS

Na tabela 3 estão mostrados os resultados para todos os temas combinados. Comparados os dados do pré-teste do GC com o pré-teste do GE, encontrou-se uma diferença de 0,154 na média entre os pré-testes dos dois grupos. Esse resultado mostra que os dois grupos eram inicialmente diferentes.

Tabela 3.

Comparação das respostas dos estudantes ao pré-teste e o pós-teste e diferença entre os grupos.

Grupo	Média geral dos acertos no pré-teste/pós-teste	Desvio padrão	Significância	Diferença na média	Diferença do ganho entre os grupos
Controle	0,026	0,174	0,004	0,136	0,447
	0,163	0,286			
Experimental	0,180	0,138	0,001	0,583	
	0,763	0,173			

A tabela 3 ainda mostra que ambos os grupos apresentaram ganhos na média. Ao se calcular a diferença de ganho entre os grupos obtém-se um valor de 0,447, portanto o GE, mesmo iniciando num nível maior, teve um ganho na média maior do que o GC, que também pode ser visto na tabela 4, quando se compara o desempenho dos dois grupos por área de estudo através do teste T para amostras pares.

Tabela 4.

Comparação do desempenho dos grupos por área de estudo.

Conteúdo	Grupo	Média dos acertos no pré-teste/ pós-teste	Diferença na média	Significância	Diferença de ganho entre os grupos
Referencial inercial	Controle	0,097	0,206	0,001	0,192
		0,304			
	Experimental	0,242	0,398	0,001	
		0,640			
Invariância da velocidade da luz	Controle	0,131	0,250	0,002	0,250
		0,381			
	Experimental	0,307	0,516	0,001	
		0,824			
Dilatação temporal	Controle	- 0,021	0,187	0,006	0,654
		0,167			
	Experimental	0,026	0,841	0,001	
		0,868			
Contração de Lorentz	Controle	0,014	0,245	0,001	0,428
		0,259			
	Experimental	0,571	0,673	0,001	
		0,730			
Simultaneidade de Eventos	Controle	0,035	0,075	0,099	0,563
		0,110			
	Experimental	0,211	0,638	0,001	
		0,850			

Os dois grupos apresentaram ganhos na média em todos os conteúdos de RR. Também o GE se saiu melhor que o GC em todos conteúdos com diferenças que variam desde 0,192 (Referencial inercial) até 0,654 (Dilatação Temporal).

CONCLUSÕES

Neste artigo, propôs-se uma UEPS para ensinar conceitos da TRR no EM com o intuito de investigar se esta é mais facilitadora da AS do que as aulas tradicionais. Tanto a UEPS quanto as aulas tradicionais foram aplicadas, simultaneamente, em dois grupos distintos de estudantes, sendo que estes foram avaliados por meio de um questionário antes e depois das intervenções.

Quando comparados os resultados referentes a estes dois momentos, observa-se um aumento de ganho na média das avaliações posteriores para ambos os métodos, com uma diferença positiva de 0,447 em favor da UEPS. Também quando analisados os resultados separadamente por conteúdos, houve um aumento nas médias em todos os casos. Entretanto o aumento observado no grupo submetido a UEPS foi significativamente maior em todos os casos. Desta forma, os resultados indicam a superioridade da intervenção utilizando a UEPS em relação à controle utilizando aulas tradicionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. P. (2002). Retenção e aquisição de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa, Plátano: *Contraponto*.
- DANCEY, C. P., y REIDY, J. (2007). Estatística sem Matemática para psicologia: usando SPSS para windows. (3ª ed.). São Paulo: *ARTMED*.
- MOREIRA, M. A. (2011). Unidades de enseñanza potencialmente significativas - UEPS. *Meaningful Learning Review*, 1(2), 43-63.
- MOREIRA, M. A. O Que é afinal Aprendizagem Significativa?. Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá/MT, 23 de abril de 2002. (2012). Aceito para publicação, *Curriculum, La Laguna*, Espanha.
- MOREIRA, M. A., y ROSA, P. R. da S. (2007). Uma introdução a pesquisa quantitativa em ensino. Disponível em: <http://pesquisaeducacaoufrgs.pbworks.com/w/file/52798222/pesquisa_quantitativa_em_ensino.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2017.
- RIBOLDI, B. M. (2015). A construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para ensinar Relatividade utilizando animações e o game a Slower Speed of Light. Tese de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil.