

## ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DO MODELLUS NO ENSINO DE FÍSICA

Humberto da Silva Oliveira; Morgana Lígia de Farias Freire

*EEEFM Profª Daura Santiago Rangel, humberto.oliveira@ymail.com  
Universidade Estadual da Paraíba, morgana.ligia@bol.com.br*

Trazemos aqui trechos da dissertação de mestrado do primeiro autor, orientado pelo segundo autor, com a finalidade de divulgar e abrir discussões dos resultados obtidos. A pesquisa foi desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no período de 2012-2014. Apresentamos a justificativa da pesquisa, bem como a metodologia utilizada e os resultados obtidos sobre como a modelagem e simulação computacional influencia o ensino da Física, especificamente o conteúdo da Energia Mecânica em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a partir da intervenção pedagógica com o uso do software Modellus. Nossa pesquisa foi realizada em uma escola pública do estado da Paraíba. No desenvolvimento da pesquisa realizamos um estudo de caso, os dados foram coletados através das técnicas da observação participante, entrevistas e análise documental, sendo utilizada a análise de conteúdo das informações obtidas. Depois da triangulação das evidências encontradas, chegamos à conclusão que a utilização da modelagem e simulação computacional influencia, principalmente, no aumento da motivação dos alunos para o estudo dos conteúdos de Física e, em consequência disto cria-se uma disposição para a aprendizagem significativa. A dissertação e todo material didático utilizado estão disponíveis no site: <http://humbertouepb.wix.com/modellus>.

Palavras-chave: Energia; Modellus; Modelagem; Simulação; Aprendizagem significativa.

## INTRODUÇÃO

Hoje em dia observasse que as crianças, os adolescentes e os jovens tem acesso a diversos dispositivos tecnológicos. Esta nova geração é conhecida como “nativos digitais” (PRENSKY, 2001). Eles estão conectados em redes sociais, com acesso a informações diversas e em tempo real, participam não apenas na condição de receptores passivos, mas também de forma ativa, criando e lançando ideias, de maneira colaborativa, na grande rede de computadores.

Nesta realidade atual, vivenciada por uma parcela considerável da sociedade, está inserida a instituição escolar, que apesar de certos avanços, na tentativa de acompanhar e atualizar-se com a utilização e aplicação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no processo de ensino e aprendizagem, ainda apresenta um longo caminho a ser percorrido com diversos desafios a serem superados. Diante das “maravilhas” tecnológicas do mundo contemporâneo, um dos desafios é atrair a atenção dos alunos e motivá-los para o estudo das ciências, no nosso caso particular, ao estudo dos fenômenos físicos.

No nível da educação básica, a Física é considerada pela maioria dos alunos como uma das disciplinas mais difíceis, principalmente, no Ensino Médio. Essa dificuldade tem como origem diversos motivos, alguns deles são: a não percepção dos conceitos físicos no cotidiano ou concepções equivocadas dos fenômenos físicos, que são desenvolvidas espontaneamente e trazidas para a sala de aula (ZYLBERSZTAJN, 1983); a aprendizagem da Física exige certo grau de abstração para a compreensão de alguns conceitos e os alunos ainda não desenvolveram suficientemente essa competência; é constatado que muitos professores de Física focalizam e dão uma ênfase exagerada no ensino e aplicação das fórmulas sem relacionar a teoria com a prática ou com situações do dia a dia, tornando o ensino enfadonho e por vezes contribuindo para que os alunos tenham aversão a Física. Outro fator importante, destacado por Moreira (1983), é que muitas vezes o professor não leva em consideração o conhecimento prévio do aluno em relação aos conceitos físicos.

Além disso, a aplicação de ferramentas tecnológicas, principalmente o uso do computador, no processo de ensino e aprendizagem, é ainda uma prática pouco explorada ou subutilizada, principalmente na escola pública, apesar dos avanços existentes na área.

Aparentemente a dificuldade dos professores da escola pública em se adaptarem às metodologias de ensino emergentes pode estar relacionada às condições materiais; a aceitação de novas abordagens e a carência de atualização e formação permanente (OLIVEIRA; FREIRE, 2012).

Diante destas dificuldades encontradas para o ensino de Física, questionamos se é possível aproveitar as tecnologias que permeiam o cotidiano da sociedade e aplicá-las em sala de aula, em especial a utilização de computadores com softwares (programas) indicados para o ensino.

Para aprofundar a discussão e contribuir com os estudos acadêmicos sobre o uso do computador e programas no ensino de Física, especificamente, o uso do software *Modellus* (TEODORO, 2002), programa de modelagem e simulação, apresentamos a nossa pesquisa (OLIVEIRA, 2014), que foi realizada em uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual, da cidade de João Pessoa, do estado da Paraíba, durante o período de dois meses, referente ao 4º bimestre. Utilizamos a modelagem e simulação computacional, criadas no *Modellus*, para o ensino do conteúdo da Energia Mecânica, suas formas cinética e potencial, as transformações e conservação, com o intuito de avaliar como o uso da modelagem e simulação computacional influencia o ensino de Física.

Portanto, a nossa questão de pesquisa foi: Como a modelagem e simulação computacional influenciam o ensino da Energia Mecânica em uma turma do 1º ano do Ensino Médio, à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a partir da intervenção pedagógica com o uso do software *Modellus*? Para esse estudo levantamos quais são os conhecimentos prévios (subsunçores) dos alunos referentes ao conteúdo que foi tratado; construímos um mapa conceitual para apresentação do conteúdo; construímos e aplicamos modelos matemáticos que simulam situações envolvendo a temática relacionada ao conteúdo da Energia Mecânica, utilizando o software *Modellus*; e avaliamos o desempenho dos alunos diante da utilização do computador em conjunto com o software *Modellus*.

## **METODOLOGIA**

Investigamos as possibilidades didático-pedagógicas da interação entre o aluno e o computador, através da aplicação de simulações de fenômenos físicos, a partir de modelos matemáticos criados no software *Modellus*, para o ensino de Física. Para tal, utilizamos como tema estruturador o “Movimento: variações e conservações” conforme os PCN+ (BRASIL, 2002), especificamente o conteúdo relacionado à conservação da Energia Mecânica, suas formas cinética e potencial e suas transformações.

Para verificar os conhecimentos prévios dos alunos, chamado por Ausubel (2003) de subsunçores, sobre alguns conceitos de Física necessários para a aprendizagem da Energia Mecânica, suas formas cinética e potencial, as transformações e conservação; aplicamos um questionário de sondagem contendo questões que exploram conteúdos que são pré-requisitos para o entendimento da Energia e sua conservação. O questionário de sondagem foi aplicado no primeiro encontro com a turma.

No último encontro, após a aplicação do conjunto de atividades, selecionamos 9 (nove) alunos da turma em que foram aplicadas os modelos matemáticos e simulações dos fenômenos físicos, dividindo-os em três grupos. Fizemos uma entrevista semiestruturada em cada grupo de três alunos. Essas entrevistas foram filmadas com a devida autorização dos alunos. Optamos por uma entrevista semiestruturada, por produzir um material privilegiado para a análise de conteúdo, pois possui, segundo Bardin (2011), a característica de ser desenvolvida seguindo a lógica do entrevistado, limitando-nos apenas ao assunto que nos interessava, possuindo uma pré-formatação mínima com certa unidade e coerência.

Gravamos, em áudio e vídeo, as aulas na sala de informática. Estas gravações também serviram para coleta de informações que foram úteis para a nossa análise.

Considerando a utilidade dos documentos para complementar os dados da investigação, decidimos analisar o questionário aplicado; a caderneta escolar da turma escolhida; a avaliação bimestral, do 4º bimestre; e o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola.

A investigação na escola ocorreu em nove encontros, sendo divididos da seguinte forma: *1º Encontro* - Aplicação do questionário de sondagem; *2º Encontro* - Estudo dirigido do texto sobre Energia (PIETROCOLA, 2010) e apresentação do mapa conceitual da Energia Mecânica, servindo ambos, como organizadores avançados, na expectativa de criar pontes cognitivas; *3º Encontro* - Apresentação do software *Modellus*; *4º Encontro* - Aplicação da atividade 0 e 1 no laboratório de informática; *5º Encontro* - Aplicação das atividades 2 e 3 no laboratório de informática; *6º Encontro* - Aplicação da atividade 4 no laboratório de informática; *7º Encontro* - Aplicação da atividade 5 no laboratório de informática; *8º Encontro* - Aplicação da atividade 6 no laboratório de informática; *9º Encontro* - Entrevista.

Segue a sequência das atividades e os conceitos Físicos que foram utilizados nas simulações criadas no *Modellus* com os seus objetivos:

#### **ATIVIDADE 0 – ACELERAÇÃO**

O objetivo desta simulação foi apresentar o software *Modellus* utilizando a segunda lei de Newton como exemplo de aplicação.

**ATIVIDADE 1 – Trabalho e Teorema da Energia Cinética.**

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito do trabalho de uma força constante e o teorema da energia cinética.

**ATIVIDADE 2 – Energia cinética**

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito da energia cinética, mostrando que ela depende da velocidade e da massa do corpo.

**ATIVIDADE 3 – Energia Potencial Gravitacional**

O objetivo desta simulação é apresentar o conceito da energia potencial gravitacional, mostrando que ela depende da gravidade, da massa do corpo e da altura em relação a um referencial.

**ATIVIDADE 4 – Conservação da Energia Mecânica na queda**

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica numa situação de queda livre, verificando a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.

**ATIVIDADE 5 – Conservação da Energia Mecânica no pêndulo simples**

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica no pêndulo simples, verificando a transformação entre as energias potencial gravitacional e energia cinética.

**ATIVIDADE 6 – Conservação da Energia Mecânica no oscilador massa-mola**

O objetivo desta simulação é observar o princípio da conservação da energia mecânica no oscilador massa-mola, verificando a transformação de energia potencial elástica em energia cinética.

**ATIVIDADE 7 – Conservação da Energia Mecânica no lançamento vertical para cima**

O objetivo desta atividade é resolver um problema de conservação da energia no lançamento vertical de um corpo, desprezando a resistência do ar.

No nono encontro realizamos uma entrevista semiestruturada com três grupos de três alunos. Para realizar a análise das entrevistas utilizamos a análise de conteúdo que, segundo Bardin (2011, p.48), é um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa obter, através de “procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens”.

Procuramos nas entrevistas indicadores qualitativos que permitissem a inferência de concepções relativas sobre como a modelagem e a simulação computacional influenciam o ensino da Energia Mecânica nesta turma do 1º ano do Ensino Médio, à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para realizar a análise de conteúdo das entrevistas, buscamos classificar as falas dos entrevistados procurando dar certa organização às mensagens. Segundo Bardin (2011), o processo de classificação tem uma importância considerável na atividade científica, pois fornece uma condensação dos dados. Diante da questão de investigação, optamos por categorizar da seguinte forma:

Categoria: uso do computador. Subcategorias: elemento facilitador; elemento motivador; elemento de diversão.

Categoria: aspecto positivo do *Modellus*. Subcategorias: exploração de modelos; prática de simulações; contribuição para a aprendizagem; troca de experiência com colegas; complementação da aula.

Categoria: caracterização da sala de aula. Subcategorias: desinteresse; indisciplina.

A categorização e suas subcategorias encontram-se Quadro 1. Observando a categoria “Caracterização da sala de aula”, concluímos que a participação dos alunos na sala de aula foi o oposto do que aconteceu na sala de informática com a utilização do computador. Levando em consideração os depoimentos dos alunos, na sala de aula não existia o interesse pelos conteúdos da Física e, por conta disso, muitos conversavam durante as aulas, atrapalhando a concentração e, conseqüentemente, a aprendizagem.

Como podemos observar nas falas destacadas e organizadas na categoria “Uso do computador”, as evidências indicam que o computador pode ser considerado como um elemento facilitador, motivador e que proporciona certa diversão na aprendizagem. A motivação é destacada na teoria da aprendizagem de Ausubel (2003) como um componente importante na aprendizagem, pois serve como mediadora da mobilização da atenção e do esforço.

Quadro 1 - Categorização da análise de conteúdos das entrevistas

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	INDICADOR
CARACTERIZAÇÃO DA SALA DE AULA	<i>Desinteresse</i>	<p>“... na sala é chato pra caramba.”</p> <p>“...na sala é meio morgado, chato.”</p> <p>“...mas ficou chato a pessoa o ano inteiro a mesma coisa ...”</p>
	<i>Indisciplina</i>	<p>“... na sala o povo fica conversando ...”</p> <p>“... eu bagunço muito ...”</p>
USO DO COMPUTADOR	<i>Elemento facilitador</i>	<p>“Fica melhor de aprender. Porque o cara ver na prática, cutucando lá no computador ...”</p> <p>“[...] por causa das coisas que tem no computador e no quadro não tem como explicar [...] do mesmo jeito que explica no computador”</p> <p>“Eu achei mais fácil, por causa dos desenhos, quando aperta o play ai mostra lá a animação.”</p> <p>“... ajuda também no conhecimento, porque a gente adquire mais coisas.”</p> <p>“[...] com o computador é bem melhor, eu prestei mais atenção na aula, eu consegui responder muitas perguntas, eu achei melhor.”</p>
	<i>Elemento motivador</i>	<p>“Eu aprendi melhor aqui, porque é mais interessante, dá mais impulso a gente usar o computador”</p> <p>“a gente teve curiosidade, por isso a gente aprendeu.”</p> <p>“... no computador é bem mais fácil, sei lá, vc parece que tem um entusiasmo a mais ...”</p> <p>“...aqui é uma coisa que eu entendo mais, é uma coisa que eu absorvo mais, então o que eu absorvo eu tento cada vez mais explorar ...”</p> <p>“Quando você aprende mais uma coisa a tendência é você querer aprender mais e mais, ai aqui é mais fácil, ai eu já me interessei mais ...”</p>
	<i>Elemento de diversão</i>	<p>“...a gente pode estudar e ao mesmo tempo tá se divertindo...”</p> <p>“...a pessoa se descontraí, fica melhor.”</p>
ASPECTOS POSITIVOS DO MODELLUS	<i>Exploração de modelos</i>	<p>“... a pessoa tá vendo o gráfico, como é que o gráfico tá mexendo, a pessoa tá alterando os valores...”</p> <p>“...cutucando lá no computador, fazendo o que o cara quer, mudando os valores...”</p> <p>...quando aperta o play ai mostra lá a animação.”</p> <p>“... eu tava botando os valores e tava dando os resultados ...”</p>
	<i>Prática de simulações</i>	<p>“...porque a pessoa tá fazendo na prática...”</p> <p>“...Porque o cara ver na prática ...”</p> <p>“... porque você ta fazendo na prática ...”</p> <p>“...porque eu é que to fazendo, to fazendo na prática...”</p> <p>“...aqui sim tá explicando mas a gente já ta fazendo o exercício...”</p>

	<i>Contribuição para a aprendizagem</i>	<p>“Fica melhor de aprender ...”</p> <p>“... eu entendo melhor ...”</p> <p>“Eu aprendi melhor aqui ...”</p> <p>“ ... fica bem mais fácil de entender ...”</p> <p>“... aqui é uma coisa que eu entendo mais...”</p> <p>“... me ajudou a entender um pouco mais...”</p>
	<i>Troca de experiência com colegas</i>	<p>“Participei mais aqui, por causa que tava em grupo né [...] em dupla assim [...] ai um ajuda o outro, fica melhor.”</p> <p>“É melhor em grupo do que individual.”</p> <p>“É mais fácil trabalhar em dupla, porque duas cabeças pensam mais que uma.”</p> <p>“... um pensa uma coisa, você pensa outra, ai já vai aprendendo.”</p>
	<i>Complementação da aula</i>	<p>“ ... ajuda a gente entender melhor o que a professora passa lá (sala de aula), ajuda também no conhecimento, porque a gente adquire mais coisas ...”</p> <p>“...porque ajuda até no desempenho da pessoa na sala ajuda também, a pessoa vindo pra cá (lab informática), e indo pra lá fica bem mais fácil entender.”</p>

Fonte: Produção do próprio autor.

Destacamos a fala de um dos alunos, “...*aqui é uma coisa que eu entendo mais, é uma coisa que eu absorvo mais, então o que eu absorvo eu tento cada vez mais explorar ...*”. Neste trecho da entrevista, podemos verificar que a própria melhora do desempenho educacional é em si mesma um fator motivacional, chamada por Ausubel (2003) de retroalimentação motivacional.

Quanto ao uso do software *Modellus*, as falas dos alunos confirmam as características citadas por Teodoro (2002), como sendo um software que permite a experimentação, possibilitando que o aluno aprenda fazendo e aprenda explorando. O *Modellus* ajudou na complementação das aulas da professora, e o trabalho em grupo com o software também proporcionou a troca de ideias e de experiências entre os alunos.

Segundo as informações obtidas nas entrevistas é possível identificar que a utilização dos computadores da escola é uma alternativa com grande receptibilidade por parte dos alunos. Alguns alunos sugeriram o emprego do computador, pelo menos uma vez por semana: “*podia ter isso (aula no computador) uma vez por semana [...] no ano que vem.*”

Após a realização das entrevistas, foi solicitada à direção da Escola o Projeto Político Pedagógico (PPP). Analisando as descrições dos projetos inseridos no PPP, verificamos que nenhum deles contemplava a utilização do computador, o que confirma as afirmações dos alunos quando disseram que nunca tinham usado o computador na escola.

Retornamos à escola após as avaliações bimestrais, para solicitar à professora e à direção da Escola a autorização para copiar a caderneta escolar, com o objetivo de fazer um levantamento das médias bimestrais. O Quadro 2 sintetiza as médias bimestrais, apresentando a média geral da turma por bimestre.

Quadro 2 – Média geral da turma por bimestre

Bimestre	Média da Turma
1º	6,6
2º	6,6
3º	6,5
4º	7,6

Fonte: Dados retirados da caderneta escolar da turma 1º Ano.

Consoante aos dados do quadro (Quadro 2) podemos perceber que nos três bimestres iniciais existiu certa homogeneidade nas médias gerais da turma e que o rendimento geral da turma no 4º bimestre foi melhor. Ressaltando que, o conteúdo explorado na pesquisa foi aplicado durante o 4º bimestre. A melhora do rendimento escolar no 4º bimestre pode indicar que o uso do computador e do software *Modellus* tenha contribuído para este resultado.

## CONCLUSÃO

Tendo em vista a confirmação e verificação da validade dos dados coletados durante a investigação, procuramos pontos convergentes ou divergentes encontrados nas observações, entrevistas e nos documentos, na tentativa de ampliar nossa compreensão sobre o fenômeno analisado nesta pesquisa.

Algumas informações obtidas no questionário de sondagem confirmaram que a maioria dos alunos tem acesso ao computador e à internet, porém, este acesso não ocorre no ambiente escolar, conforme os relatos das entrevistas. Isso reflete um descompasso nas metodologias e tecnologias utilizadas na escola com as tecnologias utilizadas pelos alunos,

podendo ser um dos motivos pelos quais os alunos não têm interesse pelas aulas de Física.

Observamos durante as aulas e nos depoimentos dos alunos que a modelagem e simulação no *Modellus* suscitaram uma motivação para o estudo. A motivação gera uma disposição para a aprendizagem, e essa disposição é considerada por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) como um dos pré-requisitos mais importantes para a aprendizagem significativa.

Tendo em vista a melhora da atenção e participação dos alunos durante as aulas com a utilização do computador e do software *Modellus*, tais evidências foram obtidas nas observações realizadas na sala de informática, nas entrevistas e no material documental a qual tivemos acesso, sugerem que a modelagem e a simulação influenciaram de forma positiva o ensino da Energia Mecânica, para esta turma, facilitando e motivando a aprendizagem.

Os resultados das questões que foram respondidas ao final de cada atividade; o conteúdo das entrevistas; bem como a melhora do rendimento escolar verificado na caderneta escolar, nos conduzem a considerar que o produto educacional aplicado no estudo de caso foi organizado e estruturado com atividades de ensino potencialmente significativas, possibilitando a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos físicos desenvolvidos no *Modellus*, através da modelagem e simulação.

Os dados analisados na pesquisa indicam que a principal contribuição das simulações e modelagens computacionais foi o aumento da motivação e disposição para a aprendizagem significativa.

## **REFERÊNCIAS**

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimento: Uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano edições técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** São Paulo: Edições 70, 2011.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem Cognitivista ao Ensino de Física.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

OLIVEIRA, H. S. **Uma investigação da modelagem e simulação computacional no ensino de Física.** Dissertação Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande. 2014. Disponível em: < <http://goo.gl/sKjBsg> > Acesso em: 14 Abr. 2016.

OLIVEIRA, H. S.; FREIRE, M. L. F. **Um relato de experiência da utilização do software Modellus e de mapas conceituais no ensino de física.** In: 4º ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 2012. Anais... Garanhuns, 2012. p. 273-278. CD-ROM.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos. Pessoal, Social e Histórico: energia, calor, imagem e som** (Coleção Física em contextos: pessoal, social e histórico; v. 2). 1. ed. São Paulo: FTD, 2010

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants.** MCB University Press, 2001. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=1074-8121&volume=9&issue=5&articleid=1532742&show=pdf>>. Acesso em: 01 ago 2013.

TEODORO, V. D. **Modellus: Learning Physics with Mathematical Modelling.** Tese de Doutorado em Ciência da Educação, Universidade de Nova Lisboa, 2002.

ZYLBERSZTAJN, A. **Concepções espontâneas em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino.** Revista de Ensino de Física. v.5, n.2, p.3-16, dezembro de 1983. Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol05a09.pdf> >. Acesso em: 14 de Abr. 2012.