

**SIMULADORES COMPUTACIONAIS  
PARA O ENSINO DE FÍSICA BÁSICA:  
UMA DISCUSSÃO SOBRE PRODUÇÃO E USO**

Geraldo Felipe de Souza Filho



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

**SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA BÁSICA:  
UMA DISCUSSÃO SOBRE PRODUÇÃO E USO**

Geraldo Felipe de Souza Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Marta Feijó Barroso

Rio de Janeiro

Dezembro de 2010

SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA BÁSICA:  
UMA DISCUSSÃO SOBRE PRODUÇÃO E USO

Geraldo Felipe de Souza Filho

Orientadora: Marta Feijó Barroso

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Presidente, Profa. Marta Feijó Barroso

---

Prof. Luiz Carlos Guimarães

---

Prof. Nelson Studart Filho

---

Profa. Susana L. de Souza Barros

Rio de Janeiro

Dezembro de 2010

Esta produção foi financiada pela  
SBF/FINEP, MEC/SEB e FAPERJ, em diferentes momentos.

## FICHA CATALOGRÁFICA

P436u Filho, Geraldo Felipe de Souza  
Simulações Computacionais para o Ensino de Física  
Básica: Uma Discussão sobre Produção e Uso/ Geraldo Felipe de  
Souza Filho - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2010.  
viii, 77f.: il.;30cm.  
Orientadora: Marta Feijó Barroso  
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física /  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2010.  
Referências Bibliográficas: f. 75-77.  
1. Ensino de Física. 2. Objetos de Aprendizagem. 3.  
Aplicativos Computacionais. I. Barroso, Marta F.. II. Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Física. III. Simulações Computacionais  
para o Ensino de Física Básica: Uma Discussão sobre Produção e  
Uso.

## RESUMO

SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA BÁSICA:  
UMA DISCUSSÃO SOBRE PRODUÇÃO E USO.

Geraldo Felipe de Souza Filho

Orientadora: Marta Feijó Barroso

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Diante de um tempo de inovação tecnológica, observamos grandes oportunidades pedagógicas relacionadas aos recursos visuais disponíveis pelo uso de computadores no processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, somando conhecimentos associados aos conceitos de objetos de aprendizagem, visualização em ciências, aprendizagem significativa e interatividade, um conjunto de simuladores computacionais voltados para o ensino de física básica foram produzidos, abordando conceitos físicos identificados na literatura de pesquisa em ensino de física e em nossa prática docente como relevantes, mas de difícil aprendizagem e explanação por meio de recursos tradicionais. A abordagem visual, dinâmica e interativa desses conceitos físicos foi feita por meio de modelagem computacional e aplicação de um conjunto de pressupostos teóricos tanto na forma quanto no conteúdo, gerando simuladores computacionais para o ensino de física básica, que poderiam ser recombinaados com diferentes materiais instrucionais, reutilizados em diferentes contextos escolares, catalogados em bancos de objetos de aprendizagem e trabalhados a partir de diferentes níveis de interatividade. Estes aplicativos foram produzidos com o intuito de serem potencialmente significativos e, conseqüentemente, serem utilizados em uma ambiente instrucional cuja teoria de aprendizagem escolhida seja a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Por fim, apresenta-se o conjunto de simuladores computacionais produzidos, comentados individualmente e os resultados empíricos de sua utilização e discute-se resultados referentes a disponibilização dos aplicativos para a comunidade de professores e alunos.

Palavras Chaves: Ensino de Física; Objetos de Aprendizagem; Aplicativos Computacionais.

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2010

# ABSTRACT

## INTRODUCTORY PHYSICS APPLETS: A DISCUSSION ON THE PRODUCTION AND USE

Geraldo Felipe de Souza Filho

Supervisor: Marta Feijó Barroso

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

Facing a time of technological innovation, great pedagogical opportunities become available through the visual resources brought by the use of computers in the teaching and learning processes. The concepts of learning objects, the knowledge about the roles of visualization in science education, the ideas of meaningful learning theory and interactivity concepts can be added up to the production of introductory physics applets addressing physical concepts identified, in the literature and in teacher's practice, as difficult to understand and explain by using traditional resources. The visual, dynamic and interactive approach to these subjects was made by generating introductory physics applets based in theoretical ideas about design and content. These applets can be recombined with different instructional materials, reused in many instructional context, classified in database for learning objects and used within many interactivity levels. They were meant to be potentially meaningful, and, therefore, to be used together with the ideas of the Ausubel's theory of meaningful learning. Finally, we present a set of introductory physics applets produced and discussed, one by one, with comments about their use in learning activities.

Keywords: Physics education; Learning Objects; Physics Applets.

## Sumário

<b>1. Introdução</b>	<b>01</b>
<b>2. Fundamentação Teórica</b>	<b>04</b>
2.1. Objetos de Aprendizagem	05
2.2. Aprendizagem Significativa	09
2.3. Visualização em Ensino de Ciências	13
2.4. Princípios Cognitivos Utilizados na Produção dos Aplicativos	16
2.5. Letramento Visual	20
2.6. Interatividade	22
<b>3. Percurso Metodológico: Processos de Concepção e Produção de Simuladores Computacionais para o Ensino de Física</b>	<b>26</b>
3.1. Processo de Concepção	26
3.1.1. A relevância do conteúdo a ser modelado	27
3.1.2. Relevância de uma abordagem visual dinâmica e interativa	27
3.1.3. Atender ao conceito de objeto de aprendizagem	28
3.2. Simuladores Computacionais x Experimentos Reais	29
3.3. Padrões de Produção	30
3.3.1. Parâmetros Iniciais	31
3.3.2. Elementos de Controle	32
3.3.3. Elementos de Análise	33
3.3.4. Padrões de Interação	34
3.3.5. Apresentação Visual	36
3.4. A Linguagem de Programação	37
<b>4. Apresentação dos Simuladores</b>	<b>39</b>
<b>5. Percepção de Uso dos Simuladores Computacionais em Sala de Aula</b>	<b>57</b>
5.1. Uso controlado no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro	58
5.2. Percepções de uso dos simuladores computacionais em salas de aula do ensino médio	64
5.3. Um exemplo de plano de aula utilizando um aplicativo computacional	66
<b>6. Considerações Finais</b>	<b>68</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>75</b>



## **FIGURAS**

Figura 1 .....	15
Figura 2.....	18
Figura 3.....	60
Figura 4.....	61
Figura 5.....	61
Figura 6.....	62
Figura 7.....	62
Figura 8.....	63
Figura 9.....	66
Figura 10.....	66
Figura 11.....	67
Figura 12.....	68
Figura 13.....	68
Figura 14 .....	70
Figura 15 .....	71
Figura 16 .....	71
Figura 17 .....	72
Figura 18 .....	72
Figura 19 .....	73

## **TABELAS**

Tabela 1 .....	42
----------------	----

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

O contexto no qual este trabalho está inserido é um contexto de crítica ao processo tradicional de ensino e aprendizagem vigente em muitas instituições, se não na maioria delas. Essas críticas versam sobre uma metodologia fundamentada em aprendizagem mecânica, e em processos de reprodução e repetição de procedimentos memorizados. Especificamente para o ensino de física básica, observa-se uma ênfase na resolução de exercícios baseados na aplicação de "fórmulas". Observa-se o posicionamento institucional a favor de mudanças no processo de ensino de física, conforme apresentado na citação abaixo:

*"Muitas vezes o ensino de Física inclui a resolução de inúmeros problemas, onde o desafio central para o aluno consiste em identificar qual fórmula deve ser utilizada. Esse tipo de questão, que exige, sobretudo, memorização, perde sentido se desejamos desenvolver outras competências." [Brasil, 2006]*

Corroborando com este pensamento, citamos um trabalho de McDermott<sup>1</sup> [McDermott, 1993]:

*"O critério mais utilizado no ensino de Física como uma medida do domínio de um conteúdo é o desempenho em problemas padrão quantitativos. Como as notas finais nas disciplinas atestam, muitos estudantes que concluem um curso introdutório típico podem resolver satisfatoriamente esses problemas. No entanto, eles*

---

<sup>1</sup> No original, "The criterion most often used in physics instruction as a measure of mastery of the subject is performance on standard quantitative problems. As course grades attest, many students who complete a typical introductory course can solve such problems satisfactorily. However, they are often dependent on memorizes formulas and do not develop a functional understanding of physics, i.e., the ability to do the reasoning needed to apply appropriate concepts and physical principles in situations not previously encountered." (p. 295)

*frequentemente são dependentes de fórmulas memorizadas e não desenvolvem uma compreensão funcional da física, isto é, a habilidade de fazer o raciocínio necessário para aplicar os conceitos e os princípios físicos apropriados em situações não encontradas previamente." (p. 295)*

Os Parâmetros Curriculares Nacionais apresentam uma orientação para um ensino de física que produza uma aprendizagem residual, após o processo instrucional, que permita ao estudante "lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais,..." [Brasil, 2006]:

*"Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem."*  
[Brasil, 2006]

E também

*"Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir."* [Brasil, 2006]

Frente a este contexto, um grupo de professores universitários e de ensino médio iniciou uma pesquisa sobre produção de material didático instrucional que atendesse um conjunto de pré-requisitos apresentados na literatura de pesquisa em ensino de física e ciências,

utilizando os novos recursos de visualização e interatividade disponibilizados pelos computadores e softwares existentes, propondo uma nova forma de ensinar física, alinhada com as necessidades do nosso tempo.

O desenvolvimento deste conjunto de simuladores computacionais está relacionado a referenciais teóricos, apresentados no corpo do trabalho, assim como ao conhecimento sobre as publicações de pesquisa em ensino de física e a uma análise crítica da nossa prática pedagógica no ensino desta disciplina, fundamentando as escolhas feitas na produção dos aplicativos computacionais, tanto na forma quanto no conteúdo.

Este produto consta de um conjunto de mais de 28 aplicativos computacionais produzidos por meio discussões que permeiam aspectos relativos ao conceito de objeto de aprendizagem, ao papel da visualização em ciências, a interatividade no uso de materiais didáticos, escolha dos conteúdos a serem abordados e a forma como os assuntos que permeiam o estudo da física podem ser trabalhados em sala de aula utilizando simuladores. Para o uso dos simuladores computacionais em sala de aula adotamos a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Uma discussão sobre o uso destes simuladores computacionais é feita, assim como a apresentação da forma como tais aplicativos estão disponibilizados para a comunidade de professores e alunos.

## **CAPÍTULO 2**

### **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo, vamos apresentar a fundamentação teórica subjacente ao processo de produção e uso de aplicativos computacionais para o ensino de física desenvolvidos e apresentados neste trabalho.

Ao produzir materiais didáticos, é necessário ter em mente, de forma clara, quais os objetivos de aprendizagem que deseja-se alcançar, e como se pensa que se dá a aprendizagem. Em geral, deseja-se no processo de ensino e aprendizagem em ciências que os estudantes compreendam os princípios básicos das teorias científicas, que raciocinem logicamente a respeito desses princípios, e que sejam capazes de aplicá-los em situações diferentes e novas que surgem em suas vidas. A adoção de uma teoria como a da aprendizagem significativa [Ausubel, 2000; Moreira, 1999] exige que pensemos nas condições para que a aprendizagem ocorra: que haja um engajamento ativo do estudante nas atividades, com trabalho colaborativo com os colegas e constante interação com os professores, e que sejam feitas conexões com problemas do mundo real [Ezrailson, 2004]. Esse engajamento ativo pressupõe que o estudante consiga focar e refletir sobre o assunto específico em estudo; para isso, a utilização de recursos interativos é importante, pois permite que o estudante altere o ritmo da atividade, ou que manipule o material de forma significativa, gerando também conexões entre o que está sendo apresentado e o conhecimento prévio que já possui.

A utilização de recursos multimídia é facilitada pelos avanços tecnológicos recentes, que provocam mudanças em nossas formas de

agir e de interagir com os estudantes, e mudanças na forma de comunicação, trabalho e aprendizagem. Esses avanços tecnológicos podem resultar em mudanças paradigmáticas a respeito de como ensinar [Aguilar, 2006]. Mas a utilização desses recursos pode ser ineficiente, se não for bem planejada e apresentada aos estudantes com uma estratégia adequada ao contexto escolar [Rapp, 2005].

Esses avanços tecnológicos permitem e facilitam a incorporação, no processo de ensino e aprendizagem, de recursos visuais. A visualização dos modelos e dos processos que ocorrem na natureza é um dos mecanismos utilizados em ciência [Gilbert, 2005] e que pode ser aproveitado no ensino de forma clara. Recursos visuais constituem hoje uma excelente ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem.

Neste capítulo, apresentamos uma discussão sobre cada um dos temas que fundamentam a produção dos aplicativos computacionais produzidos: as ideias relativas a como se dá a aprendizagem, como promover um ensino interativo, a forma de utilização de recursos de visualização no ensino de ciências e o que se entende por letramento visual do estudante. Essa discussão é concretizada no conceito de objetos de aprendizagem, que permite a operacionalização de todas essas ideias em materiais didáticos que podem ser utilizados por diferentes professores, de diferentes maneiras, em diferentes contextos educacionais.

## **2.1 Objetos de Aprendizagem**

O conceito de “objeto de aprendizagem” (em inglês, “learning object”) surge no final da década de 90, quando a rápida expansão das ferramentas tecnológicas e de comunicação tornam disponíveis

recursos didáticos de fácil acesso a professores e estudantes. Esse conceito de objetos de aprendizagem é delineado seguindo uma proposta de paradigma na elaboração de materiais instrucionais. Esses materiais instrucionais seriam catalogados e disponibilizados em repositórios de materiais didáticos de forma que professores e estudantes economizassem tempo e dinheiro ao preparar cursos e estudar. Como um exemplo de repositório de objetos de aprendizagem, temos no Brasil o Banco Internacional de Objetos Educacionais do Ministério da Educação<sup>2</sup>.

Segundo a definição proposta pelo Learning Technology Standards Committee, da IEEE (Institute of Electrical and Eletronic Engineers), "*objetos de aprendizagem são qualquer entidade, digital ou não, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada no processo de aprendizagem apoiada por tecnologias.*"<sup>3</sup> Exemplos de objetos de aprendizagem apoiada em tecnologias são sistemas de treinamento baseados em computador, ambientes de aprendizagem interativa, plataformas de ensino a distância e ambientes de aprendizagem colaborativa. Objetos de aprendizagem incluem conteúdos multimídia, conteúdo instrucional, objetivos de aprendizagem, software instrucional e ferramentas instrucionais, pessoas, organizações ou eventos referenciados durante o processo de aprendizagem baseada em tecnologia.

Este conceito de objeto de aprendizagem é fortemente baseado no paradigma orientado a objeto da ciência da computação. Esta ideia de orientado a objeto pressupõe a criação de componentes, os "objetos", que podem ser utilizados e reutilizados em múltiplos contextos.

---

<sup>2</sup> <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>

<sup>3</sup> <http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone/working-group/learning-object-metadata-working-group-12/learning-object-metadata-lom-working-group-12>

Segundo Wiley [Wiley, 2000] uma proposta de definição para objetos de aprendizagem que parece mais adequada é: *“qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para apoiar a aprendizagem”*. Essa definição inclui praticamente tudo que possa ser distribuído através da web, como: imagens digitais, fotos, dados, vídeos ou áudios, recortes textuais, animações e simulações computacionais, além de recursos de tamanhos maiores, como páginas da web completas, entre muitos outros.

Todos esses recursos apresentam os atributos fundamentais de um objeto de aprendizagem: são **reutilizáveis**, **digitais**, são **recursos** e estão envolvidos com a **aprendizagem**.

Inicialmente, a utilização dos objetos de aprendizagem como recurso educacional envolvia a ideia de que quando os professores têm acesso aos materiais instrucionais ocorre uma frequente reorganização do conteúdo presente nesses materiais (decompondo o material em suas partes integrantes), de forma a apoiar os seus próprios objetivos educacionais [Nelson, 1977, apud Wiley, 2000]. Um exemplo desse processo ocorre quando um professor edita um vídeo, extraíndo do mesmo apenas o trecho que lhe interessa, ou quando utiliza apenas trechos de um livro, a fim de adequar esses materiais instrucionais à sua estratégia educacional. Portanto, se fosse possível contar com um conjunto de objetos instrucionais reutilizáveis e específicos o suficiente para serem combinados em diferentes modelos pedagógicos educacionais, a fim de produzir um curso que seja eficaz e apropriado do ponto de vista da aprendizagem, o passo inicial da decomposição já estaria dado, aumentando a eficiência do processo [Wiley, 2000].

O conceito de reutilização possibilita que objetos de aprendizagem sejam compartilhados com múltiplos usos em



diferentes situações de aprendizagem. Para que essa utilização se torne viável, é necessário pensar, durante a produção, no conceito de granularidade do objeto - se ele é uma peça minúscula dentro de uma aula, de um currículo, ou se é uma aula ou uma disciplina completa. Quanto mais específico é um objeto de aprendizagem e menor a quantidade de objetivos, maior sua granularidade e maior é o seu poder de reutilização.

As noções associadas de granularidade e recombinação – a abrangência dos conceitos tratados num único objeto e a possibilidade de combinação desses objetos por parte do professor que o utiliza, de forma a adaptá-los à sua proposta de trabalho, à sua visão pedagógica, ao seu plano de curso e de aula - norteiam a formulação e produção dos objetos de aprendizagem no formato de aplicativos computacionais apresentados nesse trabalho.

Os aplicativos computacionais produzidos e apresentados aqui são objetos de aprendizagem que propõem-se a atender, entre outros requisitos, o conceito de objetos de aprendizagem de alta granularidade para o ensino e aprendizagem de física. [Neumann 2005; Felipe, 2005; Barroso, 2006].

Por princípio, a granularidade proposta é a maior possível: aborda-se o menor conjunto de conceitos físicos possível por aplicativo. Por definição, privilegia-se uma discussão conceitual do assunto abordado, buscando aspectos que a literatura de pesquisa em ensino de física e a prática docente indicam apresentar problemas de aprendizagem. Os objetivos propostos por cada aplicativo são planejados e implementados em sua construção de forma que o mesmo possa ser utilizado de diferentes formas e em diferentes contextos de ensino e aprendizagem.

Os aplicativos foram produzidos vislumbrando a possibilidade de recombinação. Como exemplo, pode-se construir um único produto multimídia, com uma primeira parte constituída por simulações computacionais sobre vetores, seguida por simulações de deslocamento vetorial e velocidade vetorial. Contudo, ao trabalhar Leis de Newton (em mecânica), Força Elétrica (em eletrostática) ou Campo Elétrico (em eletrostática), o professor pode precisar fazer uma revisão sobre o conteúdo de vetores. Nesse caso, a existência de aplicativos mais granulares, com a discussão sobre vetores individualizada, permitiria o seu uso na sequência particular desejada pelo professor. Dessa forma, a alta granularidade dos aplicativos implica também em um alto poder de recombinação dos mesmos.

## **2.2 Aprendizagem Significativa**

Ao planejar e produzir um aplicativo computacional com características de objetos de aprendizagem, a ser utilizado no ensino de física básica, há por trás uma perspectiva de como se dá a aprendizagem do aluno.

Neste trabalho, a perspectiva é que a aprendizagem se dá como descrito por Ausubel, em sua Teoria de Aprendizagem Significativa [Ausubel, 2000; Moreira, 1999; Moreira, 1982]. Apresenta-se a seguir um resumo das ideias principais do autor.

Esta Aprendizagem Significativa tem por objetivo promover uma aprendizagem não-litera e não-arbitrária (ou substantiva), em contraposição à aprendizagem mecânica. Alcançado este objetivo o aluno deve ser capaz de falar ou escrever sobre um determinado tema sem precisar repetir conceitos ou definições memorizadas, apresentando uma versão sua sobre um tema que estudou, sendo

capaz de relacionar o que aprendeu em dado assunto com outras informações presentes em sua estrutura cognitiva, que é definida como o conjunto de todo o conhecimento de uma determinada pessoa e a forma como tal conhecimento está organizado [Moreira, 1999].

Diante desta ideia, se o aluno aprendeu significativamente um determinado tópico, ele adquiriu a capacidade de transferir o conhecimento teórico para os seus pares, em contextos diferentes daqueles presentes no processo instrucional. Nesse processo, a retenção, ou aprendizagem residual (a aprendizagem que fica após o processo instrucional), é consideravelmente maior quando comparada à aprendizagem mecânica.

Na aprendizagem mecânica, o processo se dá basicamente por memorização, sendo, portanto, uma aprendizagem literal e arbitrária, caracterizada pela baixa retenção, onde rapidamente o aprendiz esquece o que aprendeu, podendo acarretar uma aprendizagem residual nula.

Segundo Ausubel [Moreira, 1999], o aluno só aprende significativamente se apresentar uma pré-disposição para tal. Se um professor se apossa de materiais instrucionais produzidos segundo a teoria da aprendizagem significativa (materiais potencialmente significativos), e o utiliza no processo de ensino, ainda assim, o aluno poderá apenas memorizar, aprendendo mecanicamente. De forma análoga, um professor utilizando materiais potencialmente significativos de forma tradicional, promoverá um aprendizado mecânico. Isso quer dizer que o fato de utilizar materiais potencialmente significativos não implica, obrigatoriamente, na ocorrência de aprendizagem significativa.

A proposta de utilização da teoria de aprendizagem significativa no processo de ensino e aprendizagem deve levar em consideração o conhecimento prévio do aluno. O termo utilizado por Ausubel para definir o conhecimento prévio importante para aprendizagem de um novo conceito é subsunçor. O processo de relacionamento entre o novo conhecimento e os subsunçores existentes é chamado de ancoragem.

O subsunçor é então o ponto de ancoragem do novo conhecimento com a estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto mais elaborado um subsunçor, maior sua capacidade de ancorar novas ideias, e quanto mais um subsunçor é utilizado, mais ele se desenvolve, aumentando seu poder de ancoragem. Por exemplo, se um aluno tem dificuldades para interpretar gráficos e, a partir do que sabe a respeito, passa por um processo de aprendizagem significativa, espera-se o desenvolvimento desses subsunçores. A partir desse ponto, com a aplicação destes subsunçores já modificados em contextos diferentes dos anteriores, continua o processo de elaboração do mesmo, até que o aluno desenvolva um conjunto de significados relevantes, disponíveis e consolidados a respeito do assunto, podendo aplicar este conhecimento em áreas diversas como física, química, geografia ou matemática – de forma não literal e não arbitrária.

Quando um subsunçor é utilizado com frequência, em diferentes contextos, apresentará uma diferenciação progressiva, aumentando sua capacidade de ancoragem para novos conhecimentos. Uma vez que o subsunçor deixa de ser utilizado, ocorrerá a assimilação obliteradora, ou seja, o esquecimento total ou parcial do mesmo. Contudo, se a aprendizagem foi significativa, o subsunçor não volta a sua forma original, mas agrega para si um resíduo do processo de aprendizagem.

Caso, para um dado processo instrucional, o aluno não possua os subsunçores necessários para ancorar o novo conhecimento apresentado, estes subsunçores poderão ser adquiridos de forma mecânica, e diferenciados progressivamente em função do seu frequente uso em contextos diversos.

Ausubel classifica a aprendizagem em três tipos: a **aprendizagem representacional**, a **aprendizagem de conceitos** e a **aprendizagem proposicional**. A aprendizagem representacional implica na “atribuição de significados a determinados símbolos” [Moreira, 1999]. Se o conceito de aceleração escalar é representado pela letra “a”, então, em um problema de mecânica, a letra “a” será entendida como uma aceleração. A aprendizagem de conceitos implica na aquisição de significados para um dado conceito. O aluno, por exemplo, já sabe que o símbolo “a” representa o conceito de aceleração, mas não necessariamente compreende os significados relacionados ao conceito de aceleração. A aprendizagem proposicional está relacionada ao entendimento de uma proposição e consiste no ato de “aprender o significado de ideias em forma de proposições” [Moreira, 1999], ou seja, compreender mais do que a soma individual dos conceitos presentes em uma proposição, compreender o “significado de ideias expressas verbalmente por meio desses conceitos sob forma de uma proposição” [Moreira, 1999].

A Teoria da Aprendizagem Significativa enfatiza a aprendizagem por recepção, embora não exclua os processos de aprendizagem por descoberta, em aulas expositivas. Entretanto, este se constitui um processo que exige a participação ativa do aprendiz, por buscar a aprendizagem não-litera e não-arbitrária, utilizando o conhecimento prévio do aluno nos processos de ancoragem do novo conhecimento e efetuando a conciliação integrativa do novo conhecimento.

Os aplicativos aqui apresentados foram produzidos com o intuito de se constituírem em materiais potencialmente significativos, explorando conceitos físicos de forma visual.

## 2.3 Visualização em Ensino de Ciências

Como os objetos de aprendizagem frutos deste trabalho fazem uso intenso de processos de visualização, vamos discutir o papel desempenhado pelo processo de visualização no ensino de ciências, especificamente na disciplina de física.

Adotaremos, para o conceito de visualização, o sentido dado em Gilbert [Gilbert, 2005]: "A palavra visualização será utilizada como um enfoque sistemático na exibição visual de informações em forma de tabelas, diagramas e gráficos." (p. 09)

Quando se planeja a utilização de aplicativos com forte ênfase na visualização, voltada para o ensino de ciências, deve-se pensar basicamente em dois momentos distintos: um primeiro momento no qual ocorre a **percepção visual**, ou seja, o aluno dá um significado a imagem, em função do momento em que a vê imagem e da forma como ela é apresentada. Em um segundo momento, têm-se a **imagem visual**, que é o resíduo da percepção visual, ou seja, a produção mental da imagem de um objeto (diagrama, animação, etc) em sua ausência [Tversky, 2005]. Além desses dois estágios, temos as considerações relacionadas com o uso de modelos visuais em processos científicos. Para a construção desses modelos, os cientistas utilizam, segundo Gilbert [Gilbert, 2005], fenômenos exemplo ("exemplar phenomena"), ou seja, simplificações escolhidas para auxiliar na formação de visualizações (percepções visuais) do que está acontecendo. Tais descrições ou simplificações de fenômenos

complexos são normalmente chamadas de modelos. Este processo de simplificação e representação vai se tornando mais importante e esses modelos tornam-se vitais se deseja-se que ocorra a visualização (imagens visuais) de grandezas, relações causas e efeito, dentro do fenômeno exemplo. Em outras palavras, o desenvolvimento de modelos e suas representações são cruciais na produção de conhecimento. [Gilbert, 2005]:

*"Modelos podem funcionar como uma ponte entre a teoria científica e o mundo-como-experimentado ("realidade") de duas formas. Eles podem ser esboços simplificados da realidade-como-observada (fenômenos exemplo), produzidos como objetivos específicos aos quais as abstrações da teoria são então aplicadas. Eles também podem ser idealizações de uma realidade-como-imaginada, baseadas nas abstrações da teoria, produzidas de forma tal que possam ser feitas comparações com a realidade-como-observada, e, desta forma, usadas para tornar visíveis abstrações e crucialmente fornecer base para previsões sobre fenômenos e suas explicações científicas". (p.11)*

Tversky [Tversky, 2005] relata que:

*"As pessoas parecem pensar espontaneamente sobre relações abstratas em termos espaciais. Linguagens são carregadas de metáforas espaciais: dizemos que nos sentimos próximo de amigos ou de resolver um problema, que um novo campo está completamente aberto, que um estudante está à frente da multidão. Não apenas a distância espacial é usada para transmitir a distância abstrata, mas também certas direções, especificamente a vertical, são especificadas." (p.30)*

Quanto às simplificações visuais inerentes aos modelos, mais uma vez, vejamos o que diz [Tversky, 2005]:

*"Esboços espontâneos de trajetos não informam distância e sentido precisamente. Não por acaso, representações mentais de mapas esquematizam a informação da mesma forma. Na memória, curvas são lembradas como mais próximas de ângulos retos do que o são de fato, e ruas como mais paralelas do realmente são. Os muito elogiados e muito imitados mapas*

do metrô de Londres fazem as mesmas simplificações, e outras. Esquematizar informação para espelhar estruturas cognitivas esquemáticas facilita a apreensão também. Elas simplificam a informação, mas a simplificação é sistemática, isto é, esquemática. Visualizações esquemáticas pré-processam a informação real, extraindo o que é necessário, e até distorcendo para dar ênfase, e eliminando o que é não informativo. Visualizações esquemáticas eliminam a informação irrelevante que interfere com encontrar a informação relevante.” (p. 37)

Como exemplo, consideremos um fragmento do mapa das linhas de metrô na cidade do Rio de Janeiro. Observamos que as trajetórias são todas retas, trechos paralelos e curvas de 45°. Contudo, as pessoas obtêm pronta e claramente as informações desejadas.



**Figura 1:** Mapa das linhas de metrô, na cidade do Rio de Janeiro.

Fonte: [http://www.metrorio.com.br/diagrama\\_20\\_08.pdf](http://www.metrorio.com.br/diagrama_20_08.pdf)

Os exemplos mostrados acima são certamente situações que correspondem a fenômenos exemplares, na qual uma série de simplificações foram feitas para permitir a representação visual de conceitos abstratos. As generalizações teóricas advindas do estudo destes modelos, ou seja, advindas da observação de uma realidade



imaginada, devem ser discutidas e aplicadas a situações próximas da realidade tal como é observada. O que queremos dizer é que embora a realidade apresentada no simulador seja uma realidade imaginada, os conceitos discutidos são válidos e aplicáveis, com as devidas adaptações, a situações reais. Vale ressaltar que a relação entre os conceitos de *realidade-imaginada* e a *realidade tal como é observada* é importante na concepção visual de um simulador computacional, uma vez que o objetivo desse material instrucional é produzir uma *imagem visual* que corresponda aos conceitos básicos que vislumbramos desenvolver no simulador.

## 2.4 Princípios Cognitivos Utilizados na Produção dos Aplicativos

A representação visual da realidade apresentada em objetos de aprendizagem como aplicativos computacionais deve obedecer a alguns princípios para que seja possível a conexão por parte do estudante com a realidade-tal-como-é-observada e principalmente com a construção dos significados desejados pelo professor.

Com esta observação em mente, pode-se pensar em dois princípios cognitivos: o **Princípio da Congruência**, de acordo com o qual a estrutura e o conteúdo da visualização devem corresponder à estrutura e conteúdo mental desejado e o **Princípio da Apreensão**, de acordo com o qual a estrutura e conteúdo da visualização devem ser prontamente e com precisão vistos e compreendidos [Tversky, 2005].

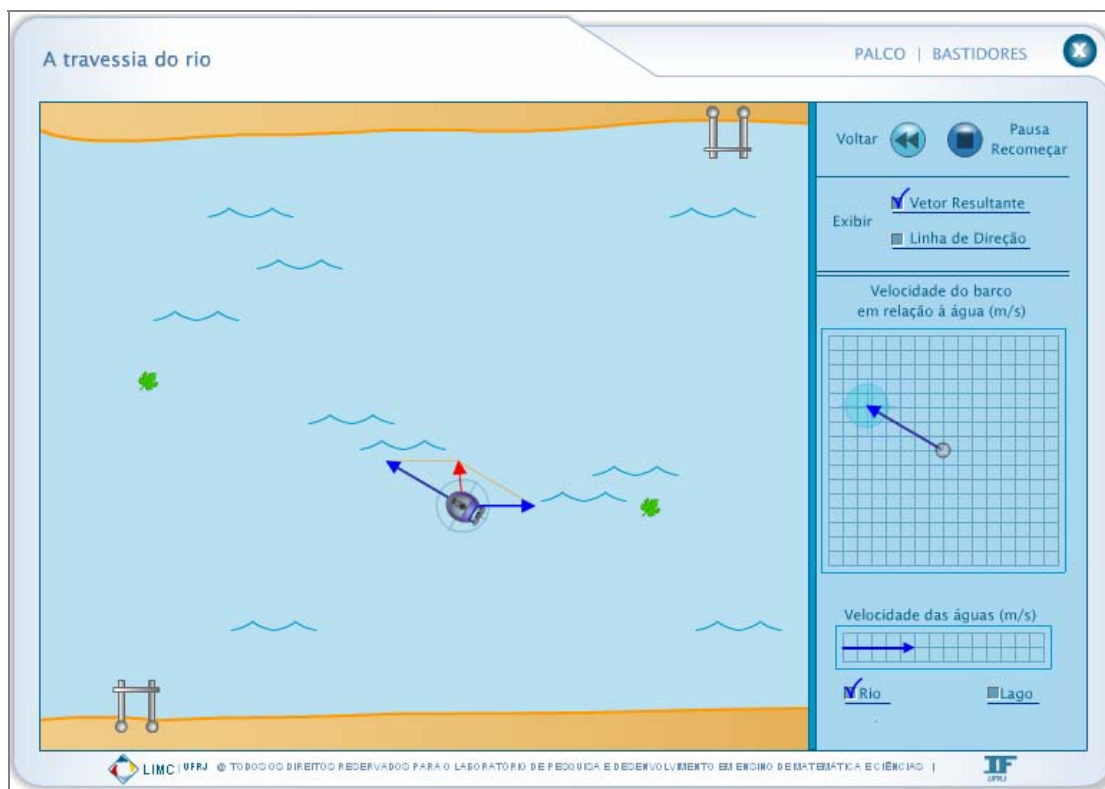
Ao representar o modelo que descreve um determinado fenômeno físico no formato multimídia através de uma simulação computacional, utilizamos um conjunto de símbolos e ícones na

identificação visual dos conceitos a serem abordados. Esse esquema visual deve corresponder ou ser equivalente, com suas simplificações inerentes ao ambiente virtual, ao modelo do fenômeno que queremos representar de forma idealizada. Em outras palavras, a aparência do aplicativo, com a simbologia utilizada (ícones, diagramas, gráficos e setas), além de recursos interativos e elementos visuais em movimento, deve formar um conjunto visual no qual o conteúdo trabalhado e a forma de apresentação correspondam ao objetivo de aprendizagem e também à forma como se deseja que o conteúdo seja estruturado na mente do aluno.

Portanto é importante que a compreensão do aplicativo seja precisa e rápida, sem que seja necessário investir tempo na explicação a respeito do funcionamento do simulador. Nesse sentido, o aplicativo deve ser intuitivo, com botões (setas, barras de rolagem, etc), figuras e ilustrações que, em conjunto, levem o usuário a perceber claramente o ambiente no qual o fenômeno é apresentado.

Assim, o planejamento de um aplicativo computacional não passa apenas pela modelagem matemática e programação do fenômeno, mas também pela concepção da apresentação visual que este aplicativo irá proporcionar do fenômeno em estudo. Obviamente, se o objetivo é enfatizar a visualização de comportamentos fenomenológicos, esta visualização deve "corresponder fielmente à estrutura do conteúdo mental desejado e ser prontamente e com precisão vista e compreendida". Ao mesmo tempo deve-se evitar o chamado "ruído tecnológico", o excesso de informações visuais ou de conteúdo em um único aplicativo.

Por serem dois princípios práticos, exemplifica-se a partir do aplicativo "A Travessia do Rio", cuja imagem na tela está apresentada na Figura 2.



**Figura 2** – Simulação do movimento de um barco navegando em um rio com correnteza.

Neste aplicativo temos alguns elementos visuais básicos e de fácil entendimento, como a embarcação, as margens do rio, a água do rio e dois ancoradouros. Além desses, temos também os botões de iniciar, parar, voltar e podemos exibir alguns outros elementos visuais (vetor velocidade em relação à água, vetor velocidade da correnteza, vetor velocidade resultante e linha de direção).

Para este aplicativo, foi criado um elemento visual dinâmico com o intuito de proporcionar a sensação de movimento para a água do rio, mostrado através das folhas que flutuam e se movimentam na direção horizontal na tela, da esquerda para a direita. Esse elemento foi introduzido com o objetivo de transmitir prontamente e de forma clara a ideia de movimento da água.

A velocidade da água do rio, a velocidade do barco em relação ao rio e a velocidade do barco em relação ao solo são representadas por meio de vetores. Esses vetores, como elementos visuais, apresentam-se no aplicativo como setas. Contudo, esses elementos visuais aplicados ao contexto físico no aplicativo, ganham maior significado cognitivo, pois não apenas mostram "para onde apontam", mas mostram o tamanho das "setas", além de apresentar o efeito visual de duas setas superpostas. Nesse caso, os vetores com suas propriedades visuais de módulo, direção e sentido, acrescidos da operação matemática de soma vetorial, formam um elemento mais sofisticado do que uma seta simples, apresentando um contexto interpretativo de maior relevância para o aprendizado do aluno.

Esse conjunto de conceitos é trabalhado no aplicativo por meio da visualização do fenômeno de forma dinâmica ou estática (caso o botão "pausa" seja acionado). Enfim, todo contexto do aplicativo apresentando e todos os seus elementos visuais, visam proporcionar o entendimento do fenômeno físico a partir da aplicação do princípio da congruência e do princípio da apreensão.

O elemento visual mais sofisticado desse aplicativo é o botão que controla a velocidade do barco. Esse controle, embora não real (não é dessa forma que se controla o movimento de um barco de verdade), funciona como um ícone, pois é um elemento que descreve a coisa que representa [Tversky, 2005]. É uma "licença didática" para o controle do vetor velocidade do barco, pois espera-se que todos saibam que é apenas uma representação, uma vez que a estrutura real de controle do movimento do barco não é um fator relevante nesse momento e pode ser omitida.

Outro ponto a ser observado é que, da forma como este simulador foi projetado e construído, o usuário não fica limitado a

observar apenas o sistema em movimento. Este tipo de simulação permite a observação de um movimento complexo passo a passo, quebrando um movimento contínuo em suas partes discretas [Tversky, 2005], permitindo a comparação entre diferentes situações, no modo dinâmico (com movimento) ou no modo estático. Dessa forma, é preciso perceber o que acontece passo a passo, buscando a compreensão de como o processo funciona, e não apenas vendo o andamento do processo.

## **2.5 Letramento Visual**

Para que a utilização de um aplicativo computacional atenda aos objetivos propostos de aprendizagem significativa, utilizando recursos de visualização, é preciso que o aluno tenha conhecimento dos significados agregados à linguagem visual presente.

De acordo com Oliveira [Oliveira, 2006], "Realmente, estamos vivendo intensamente a era do visual. Cada vez mais percebemos o mundo por meio de imagens, ícones, símbolos, gráficos e desenhos." Ao serem utilizados recursos visuais no processo de ensino e aprendizagem e observados os resultados, entende-se que uma "habilidade visual" prévia é fundamental para que bons resultados sejam obtidos. Além disso, com o uso contínuo de recursos visuais, essa habilidade visual vai sendo desenvolvida e aperfeiçoada, permitindo que o aluno interaja com ambientes visuais cada vez mais complexos do ponto de vista estrutural ou conceitual.

Nesse sentido, o uso sistemático de recursos visuais no processo de ensino e aprendizagem promove o que pode ser chamado de letramento visual.

O conceito geral de letramento [OECD, 2007] está relacionado à capacidade do estudante de extrapolar do que ele já aprendeu e aplicar o seu conhecimento em novas situações. Este conceito está relacionado aos dois princípios cognitivos (congruência e apreensão).

Segundo Ausubel [Moreira 1999, Ausubel 2000], o principal elemento a ser considerado em um processo de aprendizagem significativa é o que o aluno já sabe, ou seja, seu conhecimento prévio, com os quais os novos conceitos deverão se relacionar. Sendo assim, na temática de interação com recursos visuais deve-se compreender o papel do letramento visual prévio atrelado a uma abordagem visual.

Logo, o uso de dado recurso visual deve ser formatado e/ou configurado em função do letramento visual apresentado. Caso não haja o diagnóstico prévio da capacidade visual do aprendiz em interagir satisfatoriamente com determinado recurso visual, isso provavelmente implicará na presença de problemas de ordem instrucional.

Quanto ao uso de simuladores computacionais no processo de ensino e aprendizagem de física básica percebe-se que a identificação de parâmetros relevantes em um simulador não é um processo óbvio, assim como a percepção de mudanças e padrões. O aluno pode observar e acompanhar a dinâmica da utilização de um simulador, porém o mesmo pode não apresentar nenhuma retenção residual após a aula, ou nem mesmo conseguir acompanhar a aula.

Quando se trata de ministrar aulas com simuladores computacionais, com ênfase nos processos de visualização, é importante notar que, diferentemente dos materiais instrucionais escritos, nos quais geralmente o status da imagem é secundário, constituindo apenas um apêndice ilustrativo do texto [Oliveira 2006],

nos simuladores as imagens (estáticas ou em movimento) constituem a linguagem principal, e não há texto explicativo na tela.

Se o professor quer utilizar um simulador computacional deve dar atenção ao fato que o texto didático nesse caso é constituído de um texto visual, em que o aluno só poderá aprender se possuir um letramento visual mínimo necessário.

Outro fator relevante quando se utilizam simuladores computacionais está associado ao tempo de exibição de um conjunto de elementos visuais [Tversky, 2005]. O professor deve estar atento à rapidez de execução de animações com movimentos, utilizando comandos de pausa a fim de analisar o fenômeno em estudo passo a passo. Para isso é necessário que o aplicativo possua ferramentas interativas.

## **2.6 Interatividade**

O conceito de interatividade é muito amplo, abrangendo diversas áreas do conhecimento, podendo ser utilizado em contextos como o de programas de televisão ou rádio, nos quais o telespectador pode atuar na programação por meio de ligações telefônicas ou mensagens de celular. Além disso, em websites existem produtos multimídia no qual a interatividade está vinculada à possibilidade de acessar conteúdos por meio de cliques em botões, permitindo ao usuário navegar pelos elementos, entre outras possibilidades. Em todos esses contextos “o adjetivo *interatividade* tem servido para qualificar qualquer sistema cujo funcionamento permite ao seu usuário algum nível de participação ou de suposta participação” [Silva, 1998].

Contudo, um conceito de interatividade mais adequado ao contexto do presente trabalho e relacionado diretamente com o processo de ensino e aprendizagem é [Jensen, 1998]:

*“uma medida do potencial de habilidade de uma mídia permitir que o usuário exerça influência sobre o conteúdo ou a forma da comunicação mediada.”*

Nesse tocante, o uso da interatividade busca a participação ativa do aluno no processo de construção de significados, criando situações em sala de aula que permitam desde a identificação do conhecimento prévio até a discussão das hipóteses apresentadas em relação aos modelos de fenômenos físicos em estudo, permitindo que os alunos exerçam influência no processo tanto na forma de condução quanto na escolha de conteúdos específicos. Neste processo abre-se espaço para uma aprendizagem não-litera e não-arbitrária do referido conteúdo, uma vez que o grupo de alunos é estimulado a assumir uma postura ativa através do levantamento de hipóteses, questionamentos, transferência e posicionamento verbal e por escrito junto ao conjunto professor – alunos.

Quanto aos processos interativos relacionados a produtos multimídia, é comum pensar em processos nos quais o aluno, necessariamente, está no controle do aplicativo (no caso, simuladores computacionais), ou seja, com o mouse e teclado em mãos.

Os processos interativos podem ser diferenciados em duas categorias: a **interatividade operacional** e **interatividade cognitiva**.

A interatividade operacional implica necessariamente que o usuário tenha o controle do mouse e do teclado, operando o simulador. O usuário determina, individualmente ou em grupo, os valores dos parâmetros existentes no modelo apresentado, exhibe



recursos quando achar necessário, efetua pausas, aumenta ou diminui a velocidade da simulação, finaliza ou recomeça a simulação.

A interatividade cognitiva está relacionada ao envolvimento cognitivo do aprendiz com o modelo físico dinâmico apresentado por meio do simulador computacional.

Se há interatividade operacional também há, em maior ou menor grau, interatividade cognitiva. Contudo, é possível haver interatividade cognitiva (elevada, inclusive) com nenhuma interatividade operacional. Nesse caso, o simulador apresenta uma situação problema a ser investigada por meio de observação, discussão, análise e descrição.

Nessa classe de interatividade não é, em tese, relevante se o aluno está controlando ou não o simulador e sim se está envolvido com as questões conceituais do conteúdo de física que estão sendo levantadas através da utilização dos simuladores. Portanto, o aluno deve, nessa situação, interferir no processo propondo novas situações, mudanças nas variáveis, levantando hipóteses para explicação do fenômeno observado e discutindo com seus pares os dados ou situações observadas.

Aplicativos que apresentam uma maior interação operacional, caracterizada pela grande quantidade de recursos ativados por controle de mouse ou teclado, podem ser utilizados em uma aula expositiva com foco na interação cognitiva, sem interatividade operacional por parte do aluno, assim como aplicativos com baixa interatividade operacional podem apresentar elevada interatividade cognitiva, em função de suas características particulares e da forma como é utilizado.

Quanto à forma de apresentação dos recursos interativos presentes em um simulador, devem-se dividi-la em camadas de interatividade para facilitar o aprendizado [Evans, 2007; Saddik, 2001]. Ao produzir um simulador, o objetivo é explorar ao máximo o potencial de uso do computador, desenvolvendo diversos tipos de recursos para analisar um dado fenômeno sob diferentes aspectos e analisando um determinado tema com abordagens múltiplas (gráficos, vetores, comportamento visual com retardo de tempo, medidas diversas, etc.). Portanto, para que esses recursos não sejam apresentados todos de uma vez, eles devem ser separados por camadas de interatividade, permitindo ir de um nível mais básico até o nível mais complexo. Além disso, entendemos que não há uma relação entre a quantidade de elementos interativos em um simulador e o nível de discussão conceitual que o mesmo pode gerar. Por vezes simuladores com poucos recursos interativos abordam muito bem um dado fenômeno, de forma satisfatoriamente clara e objetiva.

A seguir, iniciaremos uma discussão sobre o planejamento e produção de materiais instrucionais no formato de aplicativos computacionais para o ensino de física básica. Espera-se que tais aplicativos atendam aos pressupostos teóricos discutidos neste capítulo: que se caracterizem como objetos de aprendizagem, que sejam materiais instrucionais potencialmente significativos, que façam uso, de forma adequada, de recursos de visualização para ensino de ciências, que utilizem corretamente os princípios cognitivos de apreensão e da congruência, que contribuam para o letramento visual dos aprendizes e que trabalhem em diversos níveis de interatividade.

## **CAPÍTULO 03**

# **PERCURSO METODOLÓGICO: PROCESSOS DE CONCEPÇÃO E PRODUÇÃO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA.**

Neste capítulo apresentam-se os processos de concepção e produção de aplicativos computacionais para o ensino de física básica. Estes aplicativos vem sendo produzidos pelo grupo de física do Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Ensino de Matemática e Ciências (LIMC) desde 2005. Desde o começo, esses aplicativos foram produzidos com base nos pressupostos teóricos discutidos no capítulo anterior: objetos de aprendizagem potencialmente significativos, utilizando recursos de visualização para ensino de ciências, que contribuam para o letramento visual dos aprendizes e que trabalhem em diversos níveis de interatividade.

Com o passar do tempo, e o desenvolvimento de uma prática de produção, certas etapas foram percebidas e sistematizadas na forma de um roteiro que facilitou o ensino destes princípios a alunos e colaboradores e agilizou tanto a etapa de concepção quanto a de produção [Barroso, 2009].

### **3.1. Processo de Concepção**

Para se iniciar um processo de concepção e produção de um aplicativo computacional é preciso levar em consideração alguns pontos chave.

### **3.1.1 A relevância do conteúdo a ser modelado**

A primeira etapa na construção de um aplicativo é a identificação do núcleo conceitual que será trabalhado. Esses núcleos são conceitos, não necessariamente curriculares, que da experiência em sala de aula dos autores ou da literatura disponível [Arons 1999, Tieberghien, 1998] são identificados como de difícil apreensão pelos alunos.

A escolha do conteúdo a ser trabalhado por meio de simulações computacionais passa pela identificação, com base na bibliografia de pesquisa em ensino de física, de pontos específicos que apresentam alto nível de dificuldade de apreensão por parte do aluno e que são de difícil explanação por meio das ferramentas tradicionais de ensino.

Este processo de identificação dos conceitos a serem abordados é fundamental a fim de evitar-se que sejam construídos aplicativos visualmente apreciáveis, porém pouco úteis para os objetivos do professor no processo de ensino e aprendizagem.

### **3.1.2 Relevância de uma abordagem visual dinâmica e interativa**

É importante identificar qual o diferencial que o uso de recursos multimídia interativos pode trazer ao conceito. Em geral, quando um estratégia de visualização ou exploração pode ser implementada sem perdas, utilizando recursos instrucionais mais tradicionais (material didático impresso, aula expositiva, laboratório e outros) e eles estão disponíveis aos alunos, essas estratégias devem ser evitadas. O objetivo é explorar ao máximo o potencial e o diferencial do computador na elaboração do aplicativo. A interface computacional introduz ruídos no aprendizado e, portanto, só é justificada quando seu uso possibilita o maior acesso ao conteúdo ou o uso de novas estratégias [Bodemer, 2004].

É importante também analisar a relação entre percepção visual e a imagem visual almejada com o uso do aplicativo, respeitando-se os princípios da congruência e da apreensão [Tversky, 2005]. Esta etapa de projeto caracteriza-se pela construção inicial de protótipos que permitam testar a programação, a usabilidade e os níveis de interatividade do aplicativo.

### **3.1.3 Atender ao conceito de Objeto de Aprendizagem**

O simulador deve atender ao conceito de Objeto de Aprendizagem, sendo de fácil visualização, sem elementos visuais desnecessários e sem comprometer a compreensão do fenômeno que se propõe simular.

As características de um simulador que atenda a essas condições são:

- apresentar alta granularidade;
- apresentar a potencialidade de ser re combinado em diferentes grupos de materiais instrucionais e de ser reutilizado em diversos contextos;
- serem passíveis de catalogação em um banco de Objetos de Aprendizagem.

## **3.2 Simuladores Computacionais x Experimentos Reais**

Para aplicativos que simulam experimentos reais há diferenças relevantes entre os resultados apresentados pelo modelo implementado computacionalmente e aqueles desenvolvidos em um

experimento de laboratório. Essas diferenças devem ser verificadas e discutidas, com o foco na validade do modelo e suas simplificações.

Entretanto, mesmo para situações nas quais as diferenças entre os resultados do modelo computacional e do experimento real são relevantes, entendemos que a utilização do modelo computacional é válida, com as simplificações que lhe são inerentes, desde que o experimento real seja cotejado com o modelo computacional. Uma das razões para o uso de um modelo computacional está no fato de que nele é possível e fácil alterar variáveis e observar o comportamento do fenômeno (*realidade-tal-como-é-imaginada*). Em determinados experimentos reais esse processo pode ser tanto demorado como dispendioso.

Outra razão é que a ciência faz uso constante de situações modeladas, com uma série de simplificações, e que esse mecanismo é uma importante ferramenta no processo de fazer ciência [Gilbert, 2005]. Portanto, uma boa forma de discutir com os alunos os processos de modelagem e simplificações na ciência é confrontar o modelo com situações reais (experimentos, vídeos, etc).

Se quisermos estudar o movimento de um corpo em queda vertical com resistência do ar, podemos utilizar um experimento filmado e tratado computacionalmente na produção de uma imagem estroboscópica do movimento – o que não é uma simulação, mas um experimento real filmado e apresentado em forma de fotografia estroboscópica [Dias, 2009]. Mesmo assim, podemos utilizar um simulador para analisar os vetores velocidade, aceleração, força peso, força de resistência do ar e a força resultante sobre o corpo segundo um modelo desenvolvido computacionalmente.

Enfim, enfatizamos os riscos de se utilizar os simuladores computacionais como se formassem um “laboratório virtual” que

pudesse substituir experimentos reais que são os que exigem maior tempo e custo na sua realização. Uma simulação computacional não configura um experimento de laboratório, já que, na maioria das vezes, é uma simplificação de como a natureza se comporta. Nessa visão do processo natural, o simulador apresenta-se como uma estratégia computacional na qual estão embutidas uma série de simplificações e idealizações em relação ao fenômeno físico natural.

### **3.3 Padrões de Produção**

Com o passar do tempo, e o desenvolvimento de uma prática de produção, certas etapas foram percebidas e sistematizadas na forma de um roteiro que facilitou o ensino destes princípios a alunos e colaboradores e agilizou tanto a etapa de concepção quanto a de produção.

Após a escolha do conceito físico a ser abordado, definem-se objetivos primários do aplicativo e o público alvo. O objetivo primário é aquele que pode ser alcançado por qualquer aluno do público-alvo definido que o utilize no tempo planejado para o aplicativo. Para ser um bom objeto de aprendizagem e ter uma granularidade bem definida, é importante que haja apenas um objetivo primário. Objetivos secundários podem aparecer ou serem definidos. Eles são metas alcançáveis por indivíduos fora do público-alvo definido, por subgrupos do público-alvo ou públicos que utilizem o aplicativo em um escala de tempo diferente daquela projetada. A importância dos objetivos secundários é fornecer ao aluno uma experiência única no uso do aplicativo.

Com essas ideias em mente, pode-se discutir como operacionalizar a produção dos aplicativos.

A estrutura organizacional de um aplicativo pode ser dividida em cinco classes:

- Parâmetros Iniciais
- Elementos de Controle
- Elementos de Análise
- Padrões de Interação
- Apresentação Visual

Com essa estrutura, trabalha-se em sucessão nas condições iniciais do problema, ou seja, do ponto a partir do qual iniciaremos a observação do fenômeno simulado; dos recursos possíveis para o controle da simulação; da observação e análise do fenômeno associado ao ambiente visual criado para o aplicativo e das simplificações impostas ao modelo.

### **3.3.1 Parâmetros Iniciais**

Para qualquer fenômeno físico simulado, é necessário definir as condições iniciais, ou seja, os valores iniciais dos parâmetros utilizados. Nesse caso, foram desenvolvidos dois sistemas de pausa, chamados de modo 01 e modo 02. Enquanto o modo 01 for validado como "verdadeiro", a simulação ainda não começou, e é possível então definir (ou alterar) os parâmetros iniciais do modelo. Quando o modo 02 for validado como "verdadeiro", então a simulação já começou e os botões de controle das variáveis que determinam as condições iniciais são desabilitadas. Durante a execução do aplicativo, recursos computacionais como pausar, recomeçar e reiniciar estarão



habilitados, além das variáveis físicas que poderão ser configuradas em tempo real durante a execução.

### **3.3.2 Elementos de Controle**

São caracterizados por elementos utilizados no controle do andamento da simulação, na configuração de variáveis, visualização e transparências de outros elementos na tela.

#### *Botões sensíveis ao clique*

São utilizados através de clique com o mouse para incrementar uma variável, habilitar a visibilidade de elemento gráfico ou abrir janelas auxiliares. Quando existem nos simuladores variáveis que apresentam uma amplitude de valores muito grande, é recomendável utilizar um botão de clique que indexa a variável com um sistema misto (clique ou manter pressionado), ou então por meio de um botão de arraste.

#### *Botões de arraste*

Esses botões funcionam como barras de rolagem. O valor da variável é calculado como sendo a distância do botão até um ponto de referência. Para variáveis que precisam sofrer uma variação rápida, são bem mais eficientes que os botões sensíveis ao clique. É possível criar também botões de arraste bidimensionais que são úteis para controlar grandezas vetoriais, sendo possível controlar a direção e o módulo simultaneamente.

#### *Controle via teclado*

Funções de programação presentes nos simuladores computacionais são ativadas quando uma tecla do teclado é pressionada. Podem ser programadas para fazer uma pausa, recomeçar ou variar um parâmetro da simulação.

### 3.3.3 Elementos de Análise

São caracterizados por elementos gráficos usados para representar o comportamento das grandezas físicas em estudo.

#### *Gráficos*

Mostram o comportamento de uma grandeza em função de outra, por meio de gráficos cartesianos. Permitem que os parâmetros sejam alterados via botões de controle e é possível controlar a visibilidade do gráfico. Podem ser construídos em tempo real de execução do simulador.

#### *Reticulado*

Malha retangular que tem visibilidade controlada por botão.

#### *Vetores*

O módulo e a direção dos vetores são controlados via programação, fazendo-se necessário a configuração de escalas de tamanho dos vetores, para que não fiquem muito pequenos e nem muito grandes.

#### *Instrumentos de medida*

Podem ser analógicos ou digitais, com precisão ou apenas qualitativos. Exemplos: termômetros, cronômetros, velocímetros, odômetros, multímetros e balanças. Entretanto existem alguns instrumentos de medida que são difíceis de programar, como dinamômetros, pois o comportamento físico do instrumento em algumas situações deve ser modelado.

#### *Diagramas e Representações Visuais*

Diagrama de forças e trajetórias são exemplos dessa categoria de representação gráfica.

Por vezes um simulador é produzido a partir da representação de um processo físico natural. Nesse caso, para efeito de observação, a estrutura dessa situação real deve ser passível de controle no que diz respeito a sua visibilidade ou transparência. Por exemplo, numa pista de corrida de carros, estão indicados o asfalto como uma mancha preta e carros.

#### *Janelas Auxiliares*

Contêm elementos de controle que não estão visíveis na tela, apenas nessa janela, ou até mesmo elementos de análise próprios. Apresentam visibilidade acionada por botões. Exemplos básicos: créditos e tutorial.

#### *Ilustrações*

Elementos visuais tais como: chama de um foguete ou animações diversas (fumaça, bolhas) também estão presentes no conjunto de aplicativos produzidos.

### **3.3.4 Padrões de Interação**

Os padrões de interação desejados, assim como a quantidade de elementos de análise no mesmo, devem ser definidos a priori. Uma falha nesse dimensionamento pode gerar um aplicativo com alto grau de complexidade ou dispersivo, sem objetivos claros.

Para um adequado dimensionamento, deve-se produzir um roteiro prévio para a elaboração contendo os seguintes itens:

- Definição dos Objetivos Específicos: consiste na determinação dos objetivos centrais do aplicativo. Em alguns casos, se o aplicativo a ser construído possui diversos objetivos na aprendizagem, pode ser necessária a produção de vários aplicativos ou um único aplicativo com diferentes modos ou níveis de exibição.

- Definição dos Objetivos Secundários: são aspectos do conteúdo que, embora não componham os objetivos específicos, podem estar presentes para aprofundamento ou diferentes abordagens.

### *Níveis de Interatividade*

É importante que o aplicativo traga várias camadas ou níveis de interatividade em seu uso para que facilite o aprendizado [Evans 2007; Saddik 2001]. Portanto é fundamental que sua construção inicie-se na definição dos recursos de interatividade que serão implementados. Controle da velocidade da animação ou apresentação de texto, controle de parâmetros de simulação, controle de opções de visualização, controle de situações de simulação são alguns dos exemplos possíveis de interatividade que foram explorados. É desejável que cada recurso (ou conjunto de recursos) de interatividade implementado seja associado a um dos objetivos previamente definidos

Definidos os objetivos específicos e secundários, discutidos os parâmetros iniciais, os elementos de controle e os elementos de análise, é preciso determinar, dentre esses elementos, quais apresentarão aspectos interativos.

Em geral, um aplicativo sobrecarregado de recursos mostra-se inoperante. Deve-se ressaltar porém que algumas situações físicas trabalhadas com simuladores apresentam uma complexidade inerente ao fenômeno que se deseja simular.

### *Forma dos elementos de controle*

Na criação de um simulador, o fator rapidez na hora de configurar os parâmetros é um fator importante a ser levado em consideração. É necessário pensar no conforto da interação entre usuário e aplicativo usando botões com funções que podem ser requisitados simultaneamente no momento da simulação. Por exemplo, o botão "pausa" não

pode estar longe do botão "recomeçar", mas o botão "reiniciar" não precisa estar próximo de nenhum botão específico.

### **3.3.5 Apresentação Visual**

O aplicativo precisa ser apresentado, em respeito aos princípios da congruência e da apreensão, com uma forma que possibilite a representação visual do fenômeno a ser discutido.

Para isso, os elementos de controle e de análise precisam ser cuidadosamente escolhidos e distribuídos na tela. Por exemplo, para simular o processo de formação de imagem em um espelho esférico côncavo, precisamos de ícones para representar a fonte de luz, o espelho esférico côncavo, os raios de luz incidentes, os raios de luz refletidos e as projeções dos raios luminosos a fim de proporcionar uma visualização dinâmica e bem distribuída do fenômeno físico.

A seguir faz-se alguns comentários práticos sobre a composição da apresentação visual dos aplicativos produzidos.

#### *Distribuições de elementos na tela*

Caracteriza-se pelo projeto de distribuição dos recursos visuais na tela aplicativo. Quando a quantidade de recursos prejudica a visualização e compreensão do modelo em estudo, pode-se fazer uso de janelas auxiliares, onde alguns recursos de parametrização são disponibilizados. A visualização dessas janelas auxiliares pode ser habilitada ou desabilitada pelo usuário.

#### *Fácil compreensão*

É interessante que, em respeito ao princípio da apreensão, o aplicativo seja o mais intuitivo possível. O simulador deve ser construído buscando uma rápida compreensão do seu

funcionamento básico, a partir da observação dos elementos presentes na tela. Torna-se imprescindível uma janela com tutorial, entretanto, é esperado que a maioria das pessoas tente primeiro observar e avaliar os recursos cuja visualização já está disponível, buscando a janela tutorial caso não consiga descobrir como o aplicativo funciona.

#### *Controle de ruído*

Um tipo de ruído é aquele elemento que, embora tivesse uma função inicial, permanece na tela mesmo não sendo mais necessário, podendo confundir o usuário. Sempre que possível, devem estar presentes na tela apenas os elementos necessários à discussão.

#### *Uso diferenciado dos recursos*

Os recursos e elementos de análise do aplicativo devem estar fortemente ligados ao produto instrucional, ou seja, os recursos presentes nos aplicativos devem ser pensados para extrair o máximo dos recursos oferecidos pelo computador, buscando fazer deste aplicativo um produto capaz de permitir a análise de fenômenos de uma forma ímpar e diferenciada.

### **3.4 A Linguagem de Programação**

A linguagem de programação escolhida para a produção dos simuladores computacionais foi o Action Script 2.0, componente do software Flash CS3 (e também de versões anteriores). Esta é uma linguagem de programação mais simples que a linguagem Java, por exemplo, e o conjunto software e linguagem de programação apresenta recursos de interatividade e visualização adequados para a proposta deste trabalho.

Embora este não seja um software específico para cálculos científicos, mas um software voltado para uma vasta gama de aplicações (animações, jogos, simulações, entre outras), apresenta uma boa rapidez de cálculos matemáticos no contexto de simulações voltadas para fins didáticos.

Neste capítulo foram apresentados o percurso metodológico de concepção e a produção dos aplicativos que serão exemplificados no próximo capítulo. Reiteramos que os padrões de produção foram consolidados a partir da definição clara dos objetivos de aprendizagem a serem atingidos e dos recursos visuais e interativos que podem ser agregados ao processo pelo uso de recursos multimídias. Este padrão de produção revelou-se consistente ao permitir a constituição de um grupo de produção de aplicativos.

## **CAPÍTULO 04**

### **APRESENTAÇÃO DOS SIMULADORES**

O conjunto de aplicativos computacionais que acompanha esta dissertação será apresentado a seguir em detalhes, na tabela 1. Apresenta-se uma imagem da tela do computador quando o simulador está sendo executado, um pequeno texto referente ao simulador, além de um breve comentário sobre suas características.

Estes aplicativos objetivam promover a aprendizagem significativa de física básica, efetivando a ancoragem entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio do aluno, a partir do uso de recursos visuais e de diversos níveis de interatividade, buscando a participação ativa do aluno, e a interação entre os próprios alunos e entre os alunos e o professor.

Foram produzidos mais de 28 simuladores contemplando os seguintes tópicos do ensino de física: cinemática, dinâmica, óptica geométrica, eletricidade, relatividade, ondas, entre outros. Esses temas foram escolhidos com base na literatura de pesquisa de pesquisa em ensino de física e com base na necessidade do grupo de abordagem desses temas.

Outros aplicativos estão em fase final de revisão, e serão inseridos na página institucional que serve, entre outros meios, para disponibilização deste produto. Na referida página, encontram-se aplicativos de outros autores, estudantes do curso de licenciatura da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que aprenderam a planejar e produzir aplicativos computacionais tendo como referência as discussões para a produção deste trabalho.



Para o estudo da cinemática trabalhamos os conceitos de posição, velocidade, aceleração e trajetória, gráficos de cinemática e estudo do movimento unidimensional e bidimensional, com aceleração constante, aceleração uniforme e não-uniforme, com ênfase na visualização da posição e do movimento de corpos, permitindo dessa forma discutir conceitos mais avançados como mudança de referencial, velocidade relativa e composição de movimentos.

Para o estudo da dinâmica trabalhamos desde a relação entre força e movimento, para movimentos unidimensionais, até situações de equilíbrio de corpos rígidos e corpos extensos.

Como material instrucional auxiliar para o estudo da cinemática e dinâmica, trabalhamos sistemas de coordenadas cartesianas e as operações vetoriais de soma e decomposição de um vetor.

Para o estudo da óptica geométrica trabalhamos os processos de formação de imagens em espelhos planos e esféricos, partindo das leis da reflexão, o fenômeno da refração e o princípio de Fermat para reflexão e refração.

No contexto da física moderna trabalhamos, de forma visual, o tema da relatividade restrita, discutindo o princípio da simultaneidade.

Para o tópico de eletrodinâmica produzimos aplicativos que analisam circuitos resistivos com associações de resistores ou lâmpadas, com análise numérica, com valores de resistência elétrica, corrente elétrica e tensão, e análise visual mediante a observação do brilho de lâmpadas incandescentes.

Os temas escolhidos estão embasados na literatura sobre ensino de física avaliados como pontos cruciais no processo de

ensino- aprendizagem da física, além de constituírem-se em conteúdos cuja abordagem visual é relevante e cujo modelo matemático permite criar um simulador dinâmico e interativo.

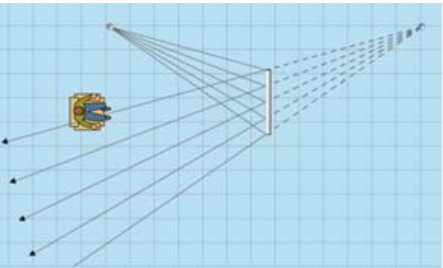
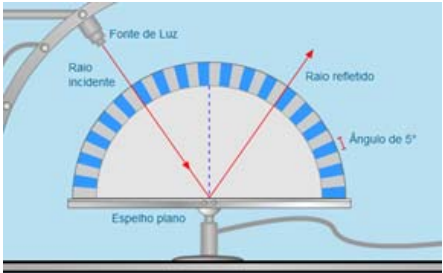
Muitas são as instituições nacionais e internacionais envolvidas na produção de simuladores computacionais para o ensino de física. Uma pesquisa no website de busca google ([www.google.com.br](http://www.google.com.br)) com os termos *simulation physicsm*, em 20 de setembro de 2010, nos fornece um total de "Aproximadamente 27.300.000 resultados ". Para o termo *simuladores física*, o referido website de busca nos fornece "Aproximadamente 1.470.000 resultados". Abaixo listamos alguns sites que apresentam simuladores originais de modelos físicos.

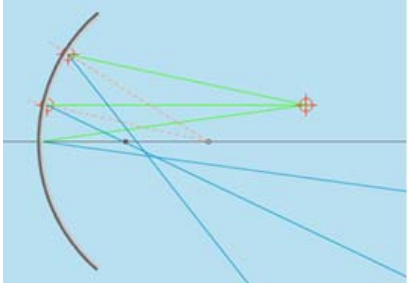
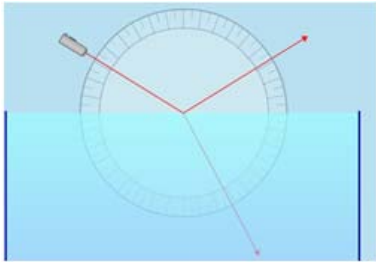
- <http://www.ludoteca.if.usp.br/ripe/index.php>
- <http://www.myphysicslab.com/>
- <http://phet.colorado.edu/>
- <http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/>
- <http://www.ngsir.netfirms.com/englishVersion.htm>
- <http://www.falstad.com/mathphysics.html>

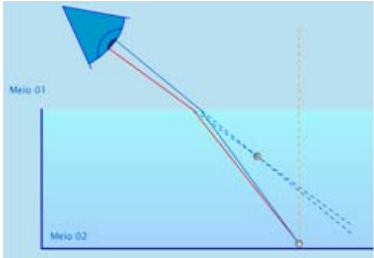
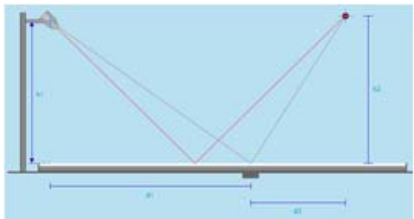
Apesar de toda a produção já existente, julgamos o conjunto de simuladores aqui apresentados originais e diferenciados, contribuindo de forma relevante para o processo de ensino-aprendizagem de física e para o desenvolvimento dessa ferramenta tecnológica e metodológica.

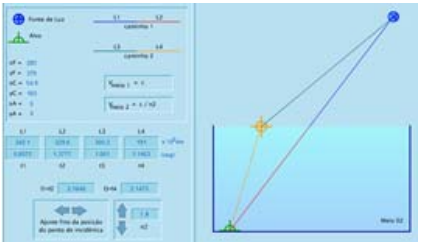
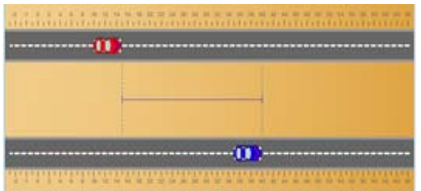
Abaixo segue a relação dos aplicativos desenvolvidos nesse trabalho (tabela 1).

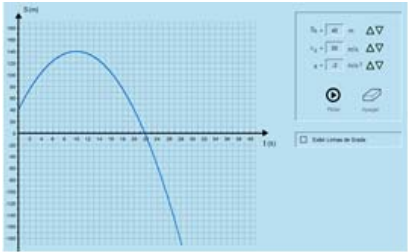
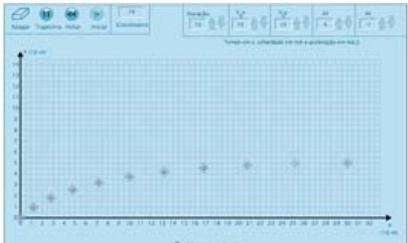
**Tabela 1:** Listagem dos simuladores computacionais para o ensino de física.

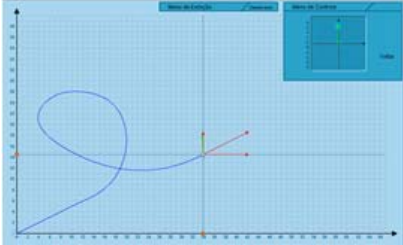

Assunto	Título	Comentários
<p>Óptica Geométrica</p>	<p>Campo Visual</p> 	<p><b>Um problema clássico: descobrir o campo visual de um observador em frente a um espelho plano.</b></p> <p>Dessa forma, discutimos questões como campo visual, a relação entre as distâncias objeto-espelho, espelho-imagem e objeto-imagem. Todas as questões relativas a formação de imagens em espelhos planos podem ser trabalhadas com este simulador.</p>
<p>Óptica Geométrica</p>	<p>Reflexão em Espelho Plano</p> 	<p><b>Um experimento virtual interativo: medir o ângulo de reflexão de um raio luminoso por um espelho plano.</b></p> <p>É possível alterar o ângulo de incidência e observar o comportamento do raio refletido, inclusive com a rotação do espelho. O transferidor permite observar a relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão.</p>

<p>Óptica Geométrica</p>	<p>Imagem em Espelho Esférico Côncavo</p> 	<p><b>Um experimento virtual: localizar a imagem de um objeto por um espelho côncavo.</b></p> <p>A maioria dos livros didáticos enfatiza a formação de imagens em espelhos esféricos côncavos nas situações onde as condições de Gauss são atendidas. Este aplicativo discute as condições gerais de formação de imagens (nítidas ou não) a partir das leis de reflexão dos raios de luz, sobre uma superfície esférica espelhada. Pode-se observar em que condições a imagem formada é nítida e discutir as condições nas quais as imagens não são nítidas, além dos casos de imagens reais ou virtuais, direitas ou invertidas, maiores, iguais ou menores.</p>
<p>Óptica Geométrica</p>	<p>Lei de Snell</p> 	<p><b>Um experimento virtual interativo: medir ângulo de refração.</b></p> <p>Neste aplicativo um raio laser é apontado, a partir do ar, para a superfície da água. Observa-se a relação entre os ângulos de incidência e de refração. Pode-se analisar o processo de refração quando se dá do meio mais refringente para o meio menos refringente, ou vice-versa, e discutir a reflexão interna total.</p>

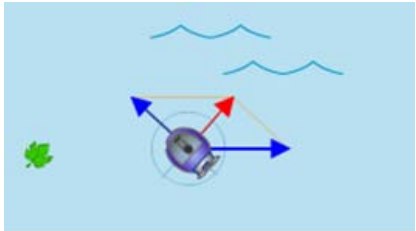
<p>Óptica Geométrica</p>	<p>Moeda no fundo da piscina</p> 	<p><b>Onde é vista a imagem de um objeto localizado no fundo de uma piscina?</b></p> <p>A maioria dos livros mostra a imagem de um objeto no fundo de uma piscina a uma menor profundidade e verticalmente acima do objeto. Observa-se neste aplicativo que este fato só ocorre se o observador estiver alinhado verticalmente com o objeto.</p> <p>Este aplicativo enfatiza o fato de que no modelo adotado pela óptica geométrica, precisamos de pelo menos dois raios de luz que passem pela pupila. Como esta tem diâmetro da ordem de milímetros, os raios de luz precisam estar próximos, conforme ilustrado na figura do simulador.</p> <p>Pode-se mover o observador e verificar a posição da imagem vista.</p>
<p>Óptica Geométrica</p>	<p>Mínimo Tempo Reflexão</p> 	<p><b>Um exercício virtual: a lei da reflexão e o tempo que a luz leva em seu percurso.</b></p> <p>Este aplicativo apresenta, para o fenômeno da reflexão da luz, o princípio de Fermat, ou seja, o princípio que diz que a luz escolhe, para propagar-se entre dois pontos A e B, o caminho mais rápido.</p> <p>É possível mover o ponto de incidência do raio incidente e analisar, por meio de valores calculados no simulador, que o trajeto de menor tempo satisfaz às leis da reflexão de um raio de luz.</p>

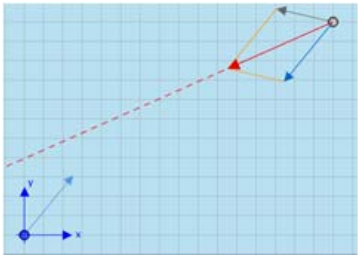
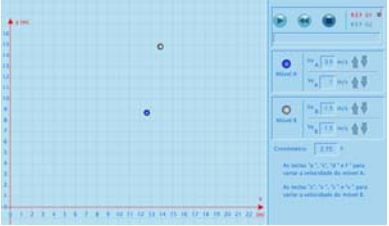
<p>Óptica Geométrica</p>	<p>Mínimo Tempo Refração</p> 	<p><b>Um exercício virtual: a lei da refração e o tempo que a luz leva em seu percurso.</b></p> <p>Este aplicativo apresenta, para o fenômeno da refração da luz, o princípio de Fermat, ou seja, o princípio que diz que a luz escolhe, para propagar-se entre dois pontos A e B, o caminho mais rápido.</p> <p>É possível mover o ponto de incidência do raio incidente, sobre a superfície de separação dos meios 01 e 02, e analisar, por meio de valores numéricos calculados pelo simulador, que o trajeto de menor tempo atende à lei de Snell.</p>
<p>Cinemática</p>	<p>Corrida de Carros</p> 	<p><b>Dois carros apostam corrida; qual é a distância entre eles ao longo do movimento?</b></p> <p>Pode-se estudar, para movimentos unidimensionais, o conceito de movimento relativo entre dois corpos, abordando velocidade relativa de aproximação e velocidade relativa de afastamento, e, conseqüentemente, os conceitos de movimento e repouso a partir do conceito de mudança de referencial. Também discutimos o significado do sinal algébrico da velocidade escalar.</p> <p>É possível configurar o módulo da velocidade de cada veículo (constante, nesse modelo), o sentido do movimento (direita ou esquerda) e sua posição inicial.</p>

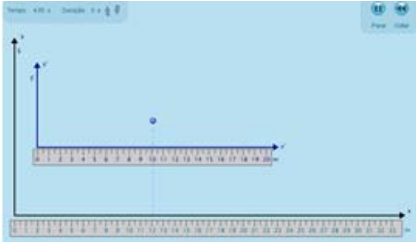
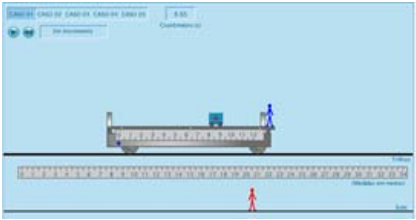
<p>Cinemática</p>	<p>Gráficos de Movimentos Unidimensionais</p> 	<p><b>Você escolhe a velocidade e a aceleração em um movimento em linha reta, e vê o gráfico desse movimento sendo traçado.</b></p> <p>Neste aplicativo é possível configurar os parâmetros iniciais de um movimento retilíneo uniforme ou uniformemente variado e observar o gráfico da posição como função do tempo. Vários movimentos podem ter seus gráficos superpostos.</p>
<p>Cinemática</p>	<p>Movimento no Plano</p> 	<p><b>Você escolhe a velocidade e a aceleração em um movimento num plano, e vê sendo desenhada a trajetória do corpo.</b></p> <p>É possível configurar os valores escalares da velocidade e aceleração de um corpo e observar o seu movimento bidimensional. Uma simulação de imagem estroboscópica pode ser ativada. A ideia é discutir os conceitos de velocidade e aceleração de forma visual, diferenciando estes conceitos em um movimento unidimensional ou bidimensional.</p>

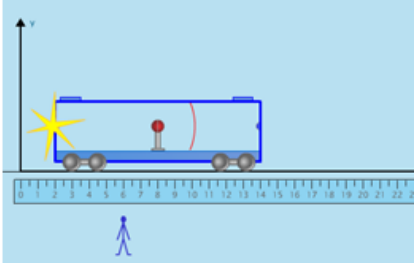
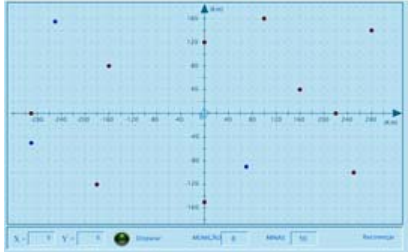
<p>Cinemática</p>	<p>Aceleração, Velocidade e Trajetória</p> 	<p><b>Um desafio: conseguir controlar, com o mouse, a trajetória do corpo...</b></p> <p>Pode-se configurar os vetores velocidade inicial e aceleração inicial de um corpo, em um movimento bidimensional. Uma vez ativada a simulação, o vetor aceleração pode ser controlado em tempo real. Com este aplicativo toda a cinemática pode ser discutida, inclusive as características vetoriais da aceleração e da velocidade para um movimento circular.</p> <p>São visíveis os vetores aceleração, velocidade e suas componentes perpendiculares, a trajetória do corpo e as projeções da posição do corpo.</p>
<p>Cinemática</p>	<p>Carros e Choques</p> 	<p><b>Como fazer dois carros colidirem?</b></p> <p>Dois carros estão em trajetórias retilíneas perpendiculares. O objetivo é configurar a velocidade de cada veículo de forma que os mesmos colidam.</p> <p>Na "Fase 01" o usuário visualiza apenas os vetores velocidade de cada veículo a partir de um referencial fixo no solo. Na "Fase 02" o usuário visualiza a velocidade de um veículo em relação a um referencial fixo no outro veículo.</p>

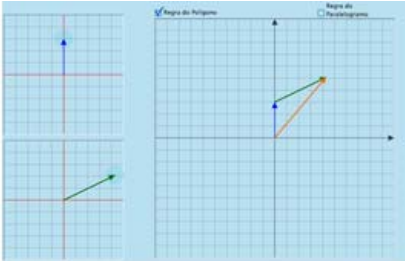
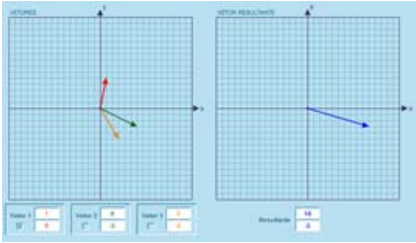
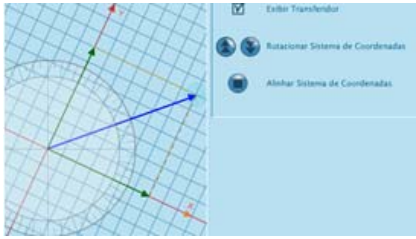


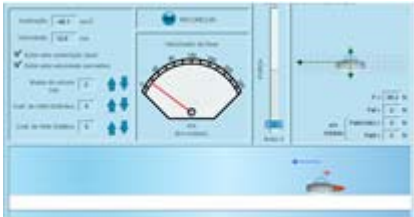
<p>Cinemática</p>	<p>A Travessia do Rio</p> 	<p><b>Um exercício virtual: atravessar um rio com correnteza.</b></p> <p>Um barco navega em um rio com correnteza. Partindo de uma das margens, para onde devemos navegar para atingir um ancoradouro fixo na outra margem?</p> <p>Os vetores velocidade, suas componentes perpendiculares e o vetor velocidade da correnteza são visíveis. Também pode-se visualizar uma "Linha de Direção", que é uma linha reta que liga o barco ao ancoradouro na outra margem.</p> <p>Com este aplicativo estuda-se a composição de movimentos de um corpo, onde a velocidade do corpo em relação a um referencial <b>S</b> fixo no solo é a soma vetorial da velocidade da correnteza (referencial <b>s</b> com o qual o corpo apresenta movimento solidário) e a velocidade do corpo em relação a este referencial (<b>s</b>).</p> <p>Todos os casos clássicos relativos a este assunto são abordados, de forma conceitual, neste aplicativo.</p>
-------------------	---	--

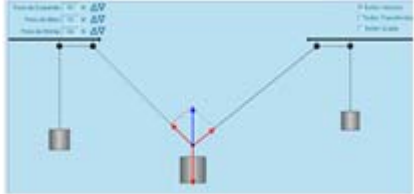
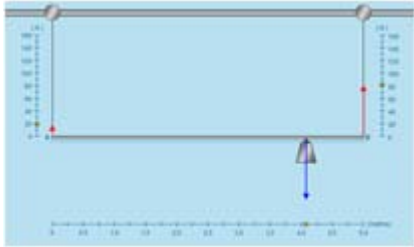
<p>Cinemática</p>	<p>Encontro de Objetos – Vetores</p> 	<p><b>Mais um exercício interativo: fazer dois objetos se encontrarem.</b></p> <p>Este aplicativo apresenta dois corpos para os quais a direção dos vetores velocidade podem ser configuradas, tanto relativa ao solo com relativo a um dos corpos. O objetivo é descobrir a condição necessária para que os corpos colidam.</p>
<p>Cinemática</p>	<p>Encontro de Objetos - Componentes</p> 	<p><b>Um exercício virtual: como um barco da polícia alcança um barco de contrabandistas?</b></p> <p>Este aplicativo apresenta dois corpos para os quais a posição e a velocidade escalar podem ser configuradas. O objetivo é estudar o movimento de um dos corpos em função do outro.</p>

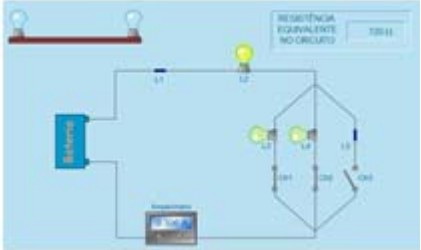
Cinemática	<p style="text-align: center;">Galileu e seu Navio</p> 	<p><b>Uma animação: posições medidas por dois referenciais em movimento relativo.</b></p> <p>É uma discussão do clássico problema de mudança de referencial. Tem-se um corpo cuja posição é medida em relação a dois referenciais distintos <math>S</math> e <math>S'</math>. O referencial <math>S'</math> tem certa velocidade em relação ao referencial <math>S</math>. Sabendo a velocidade do corpo em relação a um desses referenciais, deseja-se descobrir uma forma de calcular a sua velocidade em relação ao outro referencial.</p>
Cinemática	<p style="text-align: center;">O Trem de Galileu</p> 	<p><b>Um observador em movimento observa um objeto em movimento...</b></p> <p>Um corpo está sobre um trem, sendo que este trem se move em relação ao solo e o corpo se move em relação ao trem. O objetivo é, para cinco situações dadas, descrever o movimento do corpo em relação ao solo.</p>

<p>Física Moderna</p>	<p>O Suspeito é o Tempo</p>  <p>The diagram shows a blue train on tracks. A yellow starburst representing a light source is at the front of the train. A red dot representing a sensor is at the back. A person is standing on the ground below the tracks, looking at the train. A ruler is shown below the ground level, indicating a fixed reference frame.</p>	<p><b>Einstein formula sua teoria da relatividade especial quando percebe que "o suspeito é o tempo"... observe como a definição de "simultaneidade" é relativa.</b></p> <p>Observa-se a propagação da luz entre uma fonte emissora e dois sensores localizados nas extremidades de um vagão, elaborando uma imagem visual da experiência imaginária proposta por Einstein, para discutir a relatividade da simultaneidade. O processo é observado de um referencial fixo à Terra e de um referencial fixo ao vagão.</p>
<p>Sistema de Coordenadas Cartesianas</p>	<p>Explosão de Minas</p>  <p>The image shows a coordinate plane with x and y axes ranging from -100 to 100. Several colored dots (red, blue, purple) are scattered across the grid, representing mine locations. A small interface at the bottom shows 'X', 'Y', 'Z' axes and a 'Mostrar' button.</p>	<p><b>Um jogo: localizar as minas usando coordenadas cartesianas.</b></p> <p>É uma atividade lúdica com o objetivo de consolidar a leitura de coordenadas em um sistema de coordenadas cartesianas.</p>

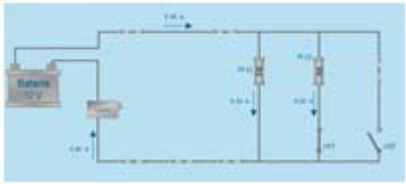
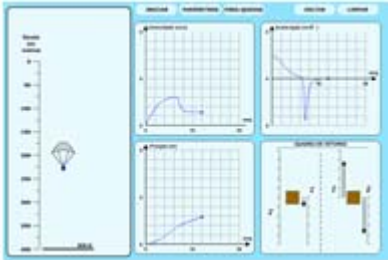
<p>Vetores</p>	<p>Vetor Mais Vetor</p> 	<p><b>Exercício: somar vetores interativamente.</b></p> <p>Tem-se dois vetores e a soma vetorial destes vetores. Pode-se configurar os vetores arrastando suas extremidades pela tela e visualizar o processo de soma vetorial pela regra do polígono ou pela regra do paralelogramo.</p>
<p>Vetores</p>	<p>Vetor mais Vetor e mais Vetor</p> 	<p><b>Exercícios sobre soma de vetores.</b></p> <p>São três vetores que podem ser configurados por meio dos valores escalares de suas componentes perpendiculares. O vetor soma é mostrado em uma janela lateral, também acompanhado dos valores de suas componentes perpendiculares.</p>
<p>Vetores</p>	<p>Vetores, Componentes e Rotações</p> 	<p><b>Componentes de vetores com sistemas de coordenadas que podem girar.</b></p> <p>Tem-se um vetor cuja direção e módulo pode ser configurados arrastando-se sua extremidade. As componentes perpendiculares deste vetor são exibidas em relação a um sistema de coordenadas cartesianas que pode ser rotacionado.</p>

<p>Dinâmica</p>	<p>Controle da Nave Espacial</p> 	<p><b>Observação do que acontece com a velocidade de uma nave quando o motor é ligado, desligado ou invertido.</b></p> <p>Um veículo desloca-se em uma trajetória retilínea e horizontal, podendo ser empurrado para a direita ou para esquerda, devido ao seu sistema de propulsão. A força devida a ação do sistema de propulsão sobre o veículo (sempre horizontal, com sentido para a direita ou esquerda) pode ser configurada em tempo real pelo usuário.</p> <p>Um diagrama de forças e um velocímetro são exibidos. Os vetores velocidade, força devida ao sistema de propulsão e a força de atrito também podem ser exibidas.</p> <p>O coeficiente de atrito pode ser configurado antes do início da simulação.</p> <p>É um simulador extremamente útil para discutir as relações entre força e movimento.</p>
-----------------	--	---

<p>Estática do Ponto Material</p>	<p>Pesos e Roldanas</p> 	<p><b>Um exercício virtual sobre sustentação de pesos com cordas e roldanas.</b></p> <p>Neste aplicativo mostram-se três corpos sempre em condição de equilíbrio estático.</p> <p>A posição de cada corpo é calcula em condição de suas massas. Alterando-se as massas dos corpos, altera-se a condição de equilíbrio do sistema e as novas posições dos corpos são calculadas e os corpos posicionados.</p>
<p>Estática do Corpo Extenso</p>	<p>Sustentação de uma Barra</p> 	<p><b>Um exercício: sustentação de um peso e uma barra.</b></p> <p>Uma barra horizontal de massa desprezível é sustentada em suas extremidades por dois fios ideais. Um corpo de massa <b>m</b> pode ser posicionado em qualquer ponto da barra. O simulador calcula a força de tração nos fios a partir da posição do corpo.</p>

<p>Circuitos Elétricos</p>	<p>Lâmpadas e Mais Lâmpadas</p> 	<p><b>Medidas de corrente e tensão em um circuito com lâmpadas (ideais).</b></p> <p>Este circuito elétrico consta de uma bateria ideal, fios ideais, chaves liga-desliga e lâmpadas incandescentes que são considerados resistores ôhmicos.</p> <p>Pode-se montar uma associação de resistores (lâmpadas) em série, em paralelo ou mista e analisar o sistema a partir do brilho das lâmpadas, discutindo o valor da corrente elétrica em cada trecho do circuito, assim como a tensão nos terminais de cada lâmpada.</p> <p>Por ser uma abordagem visual, exige muito do aluno. A possibilidade de alterar o circuito rapidamente e abordar diferentes configurações contribui para a análise comparativa dos tipos de associação possíveis nesse modelo.</p>
----------------------------	---	--



<p>Circuitos Elétricos</p>	<p>Resistência e Mais Resistências</p> 	<p><b>Medidas de corrente e tensão em um circuito com resistências ôhmicas.</b></p> <p>Neste circuito elétrico temos 8 resistores ôhmicos que podem ser associados em série, paralelo ou em uma associação mista.</p> <p>Pode-se observar os valores de corrente elétrica e tensão em cada resistor, discutindo as características de cada tipo de associação.</p>
<p>Cinemática e Dinâmica</p>	<p>Queda Vertical</p> 	<p><b>Movimento de queda vertical (com e sem atrito).</b></p> <p>Um corpo é abandonado de certa altura e cai verticalmente sofrendo o efeito da resistência do ar. Em dado momento, a critério do usuário, um paraquedas é aberto.</p> <p>Os gráficos da velocidade x tempo, posição x tempo e aceleração x tempo e um diagrama de forças são exibidos.</p>

## **CAPÍTULO 05**

### **PERCEPÇÕES DE USO DOS APLICATIVOS COMPUTACIONAIS EM SALA DE AULA**

Os aplicativos aqui apresentados vêm sendo utilizados de forma sistemática pelos autores nos últimos anos, testando-os e reelaborando-os.

Este uso vem sendo feito no ciclo básico de cursos universitários (introdução à Física, Física I, Física II dos cursos de Física, Licenciatura em Física e Ciências Matemáticas e da Terra, da Universidade Federal do Rio de Janeiro) e no ensino médio, em diversas séries e escolas (Colégio Pedro II, unidade descentralizada de Niterói, Colégio Estadual Rosa Luxemburgo, e algumas escolas particulares).

Os aplicativos foram utilizados com diferentes metodologias:

- o professor projeta a tela do aplicativo em sala de aula e discute com os alunos;
- em sala de aula, com computadores (laboratório de informática) os alunos, sob orientação de um professor, usam os aplicativos;
- a partir de roteiros de uso, o aluno individualmente desenvolve atividades com os aplicativos em qualquer ambiente.

A avaliação que vem sendo feito dessas formas de utilização ainda não se configura como um resultado de pesquisa, pois as ferramentas metodológicas de análise e coleta de dados ainda não estão consolidadas.

Apresenta-se aqui um relato com uma avaliação preliminar em alguns desses ambientes: em uma disciplina do primeiro período de um curso universitário, em disciplina de física em uma turma de ensino médio, e a seguir apresenta-se mais detalhadamente como pode ser montada uma aula com o uso desses aplicativos.

## **5.1 Uso Controlado no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro**

Após usos de forma esporádica em algumas disciplinas do curso de Física e de Licenciatura em Física, com observação externa do comportamento dos alunos e com avaliações comparativas (em testes e provas) do aprendizado com esses materiais e com materiais tradicionais como experimentos e leitura de textos, foi planejada uma intervenção mais organizada e sistemática de avaliação de aprendizagem com esses aplicativos. Este processo está em andamento, na disciplina de Introdução à Física ministrada para os estudantes do curso de Ciências Matemáticas e da Terra, disciplina esta que tem um caráter semi-presencial.

A primeira constatação feita ao longo do tempo foi a que os aplicativos apresentados neste trabalho satisfazem às condições de um objeto de aprendizagem. São utilizáveis e reutilizáveis em diferentes contextos de aprendizagem, em diferentes grupos de alunos e sob diferentes propostas metodológicas.

A segunda constatação, relacionada com a observação anterior, indica que esses aplicativos necessitam de um roteiro de utilização. Em outras palavras, o professor deve providenciar, seja por escrito, seja no ambiente da sala de aula, a estrutura em que o aplicativo deve ser utilizado. De uma forma geral, como ocorre com o uso de

objetos de aprendizagem, é necessária uma orientação e uma finalização das atividades, seja oralmente, seja por escrito.

Para avaliar a efetividade do uso desses aplicativos, utilizou-se um modelo semelhante ao proposto para a avaliação de hipermídias educacionais [Silva 2008]. Num processo de avaliação de materiais instrucionais, especialmente na área de multimídias educacionais, deve-se considerar uma série de fatores ligados à sua estrutura, ao seu funcionamento e aos efeitos sobre aqueles que o utilizarão. Deve-se observar se o material atende aos objetivos educacionais propostos e se favorece a aprendizagem. Em outras palavras, deve-se avaliar conjuntamente:

- os aspectos de aprendizagem de conteúdo, relacionados a se o aluno compreendeu os temas apresentados;
- os aspectos técnicos do material, relacionados à facilidade de uso, à qualidade gráfica e visual apresentada;
- a estratégia de produção desses materiais, relacionadas ao uso de analogias, simulações, animações, interatividade.

Como comentado anteriormente, o processo de elaboração das metodologias e o processo de avaliação do uso desses materiais está em andamento. Indica-se na figura 3, a seguir, um exemplo de uso do aplicativo "Aceleração, velocidade e trajetória".

### UNIDADE 3 - MOVIMENTOS E SUA DESCRIÇÃO

#### EXERCÍCIO VIRTUAL

Abra o aplicativo "Aceleração, velocidade e trajetória". Clique em "comentários" e leia o que está escrito. Mude o cursor para alterar a aceleração (à direita, no menu de controle, em vetor, seta para cima).

Passo 1- Lance o objeto (clique em "lançar"). Deixe o objeto se mover com velocidade constante e observe sua trajetória. Descreva o movimento: diga como você expressa cada componente da posição, da velocidade e da aceleração como função do tempo.

Passo 2- Entre no "Menu de Exibição" e desmarque "Componentes da velocidade". Lance novamente do início. Clique em "Controle da aceleração". Com o mouse sobre o círculo claro no centro do controle, modifique a aceleração. Comece com uma aceleração constante, vertical e para baixo. Observe a trajetória. Observe atentamente a direção da velocidade e a trajetória. Qual é a direção da velocidade?

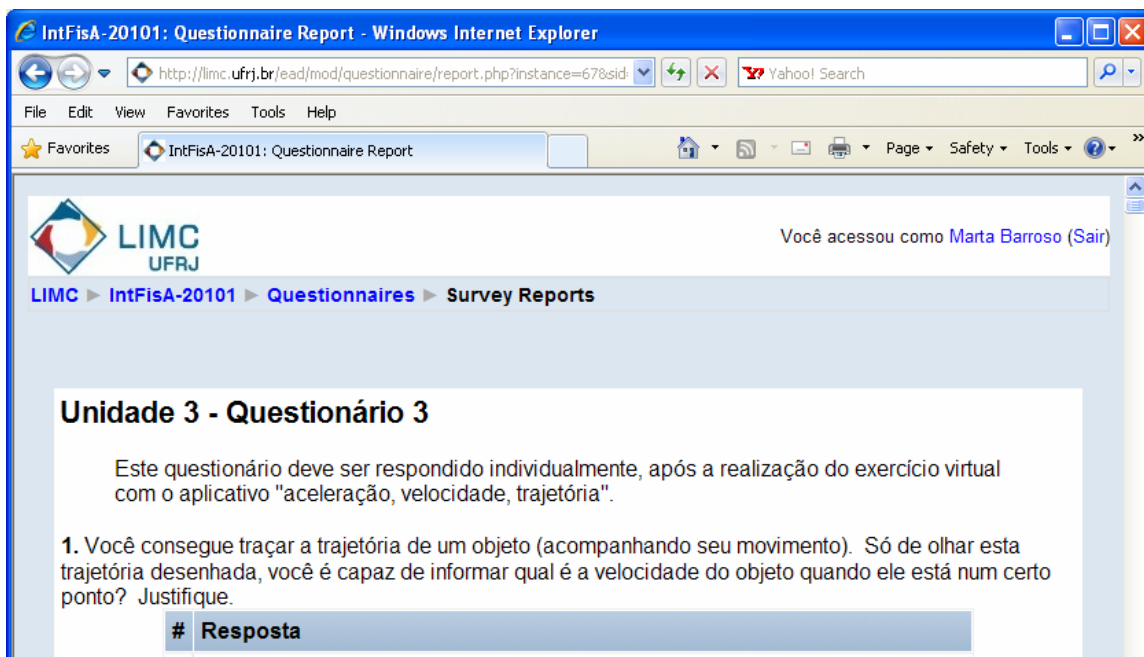
Passo 3- Volte para o início e recomece (cuidado com os valores da aceleração e da velocidade, talvez seja melhor fazer "Refresh" e começar novamente). Use agora uma aceleração constante mas com a mesma direção e sentido da velocidade.

Passo 4- Novamente: agora faça a aceleração com a mesma direção e com sentido oposto à velocidade.

Passo 5- Finalmente, lance o objeto do início e faça com que os vetores velocidade e aceleração sejam sempre perpendiculares. Que movimento é esse?

**Figura 3** – Proposta de uso em sala de aula (com computadores para cada aluno) do aplicativo “Aceleração, velocidade e trajetória”

A avaliação proposta para este uso foi feita inicialmente com base em um questionário respondido de forma individual pelos estudantes. Este questionário exigia respostas discursivas ou objetivas relativas ao que o estudante tinha feito em sala de aula, e foi apresentado num ambiente de ensino à distância, como indicado na Figura 4.



**Figura 4** – A apresentação do questionário a respeito do uso dos aplicativos.






Foram feitas perguntas relativas ao que havia sido observado com o uso do aplicativo (como exemplo, ver a Figura 5), perguntas de aspectos de transferência das observações feitas para uma situação diversa (como exemplo, ver a Figura 6)

12. Se desejarmos que a trajetória de um corpo seja uma curva, e não uma trajetória retilínea, qual deve ser a direção de sua aceleração? Justifique.

#	Resposta
1	-
1	A aceleração $A_x$ deve ser maior que $A_y$ , ou vice-versa.
1	A aceleração da gravidade, se torna uma componente da aceleração principal. como se fosse $A_y$
1	A aceleração deve apontar em direções que nao sejam: cima ou baixo.
1	A aceleração deve fazer $90^\circ$ com a velocidade.
1	A aceleração deve ser perpendicular ao vetor velocidade.
1	A aceleração deve ter a direçaõ em sentido diferente ao da velocidade .

**Figura 5** – Reflexão a partir da observação dos resultados (pergunta com resposta aberta, algumas respostas indicadas)

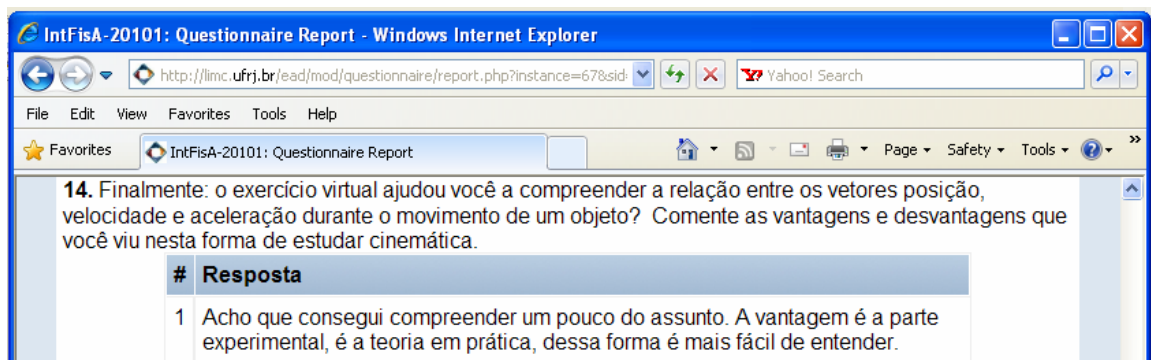
11. e) Sobre a aceleração do corpo no movimento de subida e descida, você pode afirmar que (assinale uma única opção)

Resposta	Média	Total
(a) tem sempre o mesmo valor constante;	 22.8%	18
(b) é para baixo na subida e para cima na descida;	 5.1%	4
(c) tem sempre o mesmo módulo, mas muda o sentido;	 40.5%	32
(e) é sempre vertical e para baixo;	 29.1%	23
(f) não sei responder.	 2.5%	2

**Figura 6** – Pergunta sobre um tópico de transferência de um conceito a outra situação (lançamento vertical de um corpo)

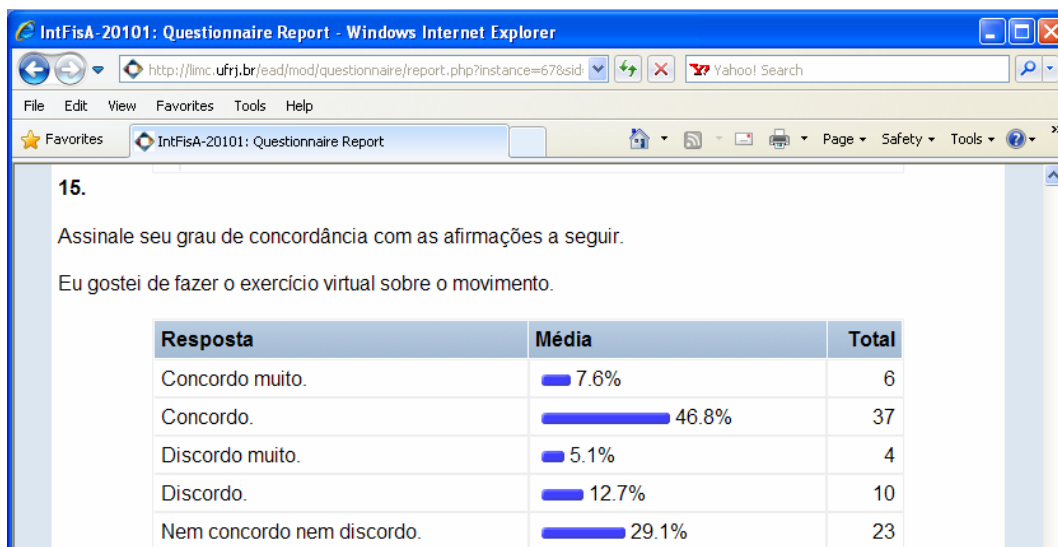
Observa-se que o questionário imediatamente após o processo instrucional com uso do aplicativo ainda releva uma enorme dificuldade de construção dos significados.

A figura 7 apresenta um aspecto de auto avaliação da aprendizagem, com uma resposta exemplificando a percepção pessoal do aluno de estar fazendo um "experimento" prático.



**Figura 7** – Auto avaliação sobre a aprendizagem

Nas sequência de figuras abaixo (figura 8), analisamos aspectos gerais como "gostar", "perceber que aprendeu", "facilidade de uso" e "conforto". Nessas perguntas utilizou-se uma escala Likert.



16. Eu aprendi bastante fazendo o exercício virtual.

Resposta	Média	Total
Concordo muito.	8.9%	7
Concordo.	45.6%	36
Discordo muito.	5.1%	4
Discordo.	11.4%	9
Nem concordo nem discordo.	29.1%	23

17. Eu achei difícil entender como usar o aplicativo.

Resposta	Média	Total
Concordo muito.	7.6%	6
Concordo.	21.5%	17
Discordo muito.	8.9%	7
Discordo.	43.0%	34
Nem concordo nem discordo.	19.0%	15

18. Eu me senti bastante confortável fazendo o exercício virtual.

Resposta	Média	Total
Concordo muito.	6.3%	5
Concordo.	39.2%	31
Discordo muito.	2.5%	2
Discordo.	15.2%	12
Nem concordo nem discordo.	36.7%	29

**Figura 8** - Sequência de imagens com perguntas e respostas sobre aspectos gerais sobre os aplicativos: "gostar", "aprender", "facilidade de uso", "conforto"



Desses resultados observa-se que, preliminarmente, os alunos consideram que os aplicativos são de fácil uso, sentem-se confortáveis ao utilizá-los, gostam de utilizá-los e têm a sensação de terem aprendido com o seu uso.

Estes elementos apresentados constituem um exemplo em relação ao uso que vem sendo feito dos aplicativos deste trabalho em sala de aula. A opinião dos professores que os utilizam, de forma controlada ou não, é que eles são extremamente úteis, especialmente por seu caráter extremamente granular.

A avaliação de uso está em andamento, e espera-se que seja consolidada em breve.

## **5.2 Percepção de Uso dos Aplicativos Computacionais em Salas de Aula do Ensino Médio**

O padrão de utilização adotado para o uso de simuladores computacionais nesse trabalho, com alunos de ensino médio, foi desenvolvido em turmas entre 25 e 40 alunos, através de aulas expositivas, com uso de projeção da tela do computador na lousa, com ênfase no diálogo entre professor e alunos, buscando implementar a aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

Depois da utilização dos simuladores, são passados aos alunos exercícios para resolução em grupo, sobre o assunto abordado. As questões apresentadas visam estimular a discussão em grupo, o levantamento de hipóteses e a produção textual, a partir das discussões orais.

Para atingir os objetivos propostos, os aplicativos precisam ser materiais potencialmente significativos, fazendo ligação entre o

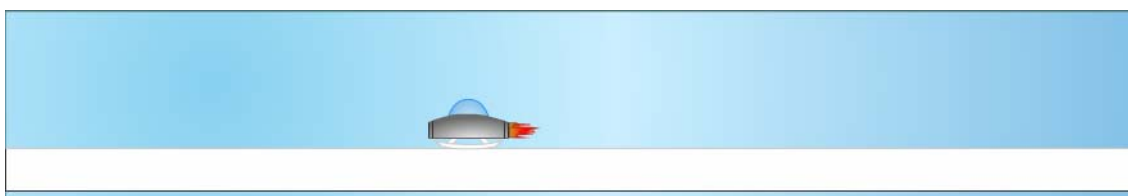
conhecimento prévio dos alunos e o novo conhecimento apresentado, vislumbrando a consolidação, revisão e diferenciação dos conceitos trabalhados anteriormente. A metodologia de aulas expositivas com ênfase no diálogo e discussões orais, através da utilização dos aplicativos permite apresentar e analisar um dado fenômeno ou conceito físico numa perspectiva de camadas de interatividade com multiplicidade de linguagens, com o intuito de lançar questionamentos à turma por meio da análise do fenômeno em sua forma dinâmica e interativa. O objetivo do uso do aplicativo nessa etapa do aprendizado não é fornecer definições, mas representar o modelo do fenômeno, permitindo sua utilização nos diferentes contextos que surgem no ambiente escolar. Nesse processo o aluno é estimulado a intervir, apresentando suas próprias percepções sobre o fenômeno físico abordado.

Para complementar este processo, são propostas atividades em grupo com questões a serem respondidas conceitualmente, geralmente associadas à produção textual. As dúvidas são tiradas com o professor, que ao invés de responder às questões, deve conduzir a discussão buscando fazer com que o aluno analise os conceitos, chegando a suas próprias conclusões.

Vamos como exemplo, apresentar um plano de aula já executado algumas vezes em diferentes contextos (escolas particulares e públicas, 1º ano do ensino médio ou outras séries, como revisão), com resultados muito similares uns dos outros.

### 5.3 Um Exemplo de Plano de Aula Utilizando um Aplicativo Computacional

Considere um veículo que se desloca sobre uma trajetória retilínea e horizontal, sem sofrer nenhum atrito, e que possui dois sistemas de propulsão, alinhados sobre seu eixo longitudinal, um de cada lado do veículo. O professor configura o simulador, com o projetor multimídia desligado, para a situação mostrada na figura 09, no modo pausa, ligando o projetor multimídia em seguida.

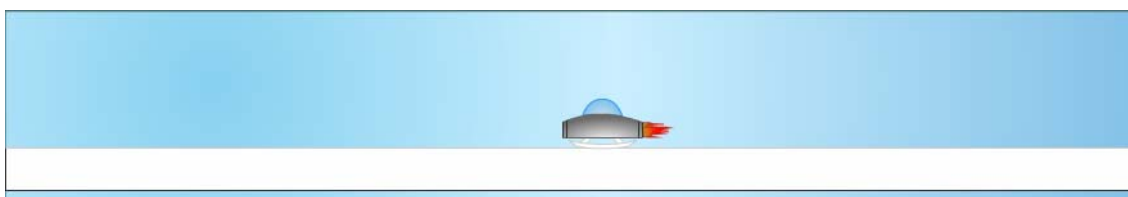


**Figura 9:** veículo sujeito a ação de uma força resultante não nula.

Pergunta-se: para que lado este veículo está se movendo?

Os alunos respondem, em sua grande maioria, que o veículo se move para o lado esquerdo. O professor então pergunta se alguém é contra e porque é contra. O debate continua, com os alunos sendo instigados a defender a posição assumida, de que o veículo necessariamente se desloca para o lado esquerdo.

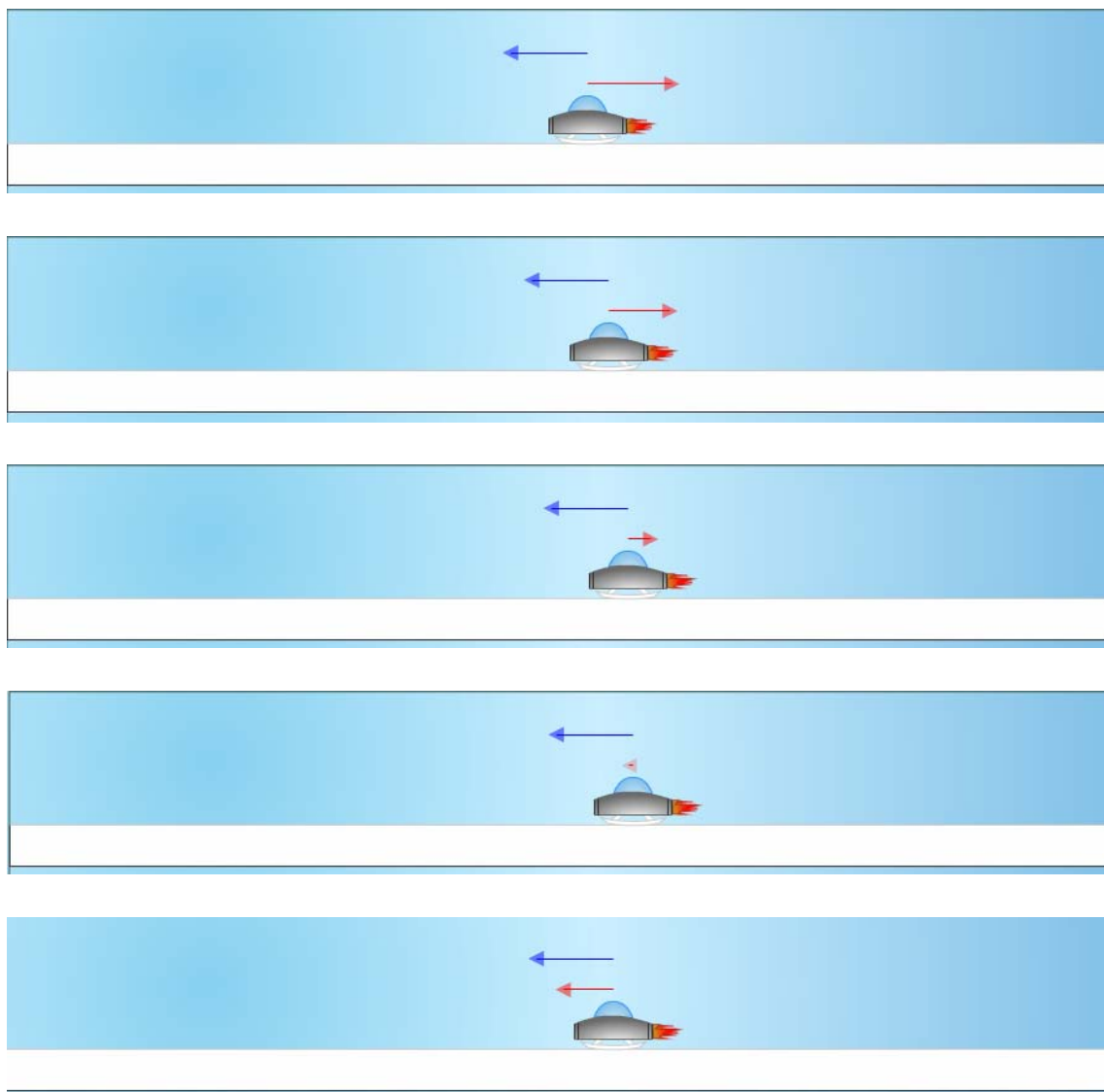
Após essa discussão o professor desativa o modo pausa e todos observam o movimento do veículo que, para surpresa geral, se dá para o lado direito.



**Figura 10:** observamos que o corpo se desloca horizontalmente para o lado direito.

Pausando e reativando a simulação sucessivas vezes, reconfigurando o sistema quantas vezes for necessário, observa-se que o veículo se move para a direita, com velocidade cada vez menor, até atingir velocidade de valor igual a zero, passando então a se mover no sentido contrário, nesse caso para a esquerda.

O movimento é observado mais uma vez, agora com os elementos de análise vetor força resultante e vetor velocidade presentes, como na sequência de imagens da figura 11.



**Figura 11:** Sequência de imagens mostrando o comportamento do vetor velocidade e o deslocamento do corpo.

Nesta sequência de imagens, observamos que quando a força resultante atua no sentido contrário ao do vetor velocidade (estando estes vetores na mesma direção), o módulo do vetor velocidade diminui, e quando estes vetores apresentam o mesmo sentido, o módulo do vetor velocidade aumenta.

Pergunta-se, em função do que é apresentado no simulador: o que é força? ou o que a força produz? Espera-se mais uma discussão, a partir da qual a definição desse conceito será sistematizada.

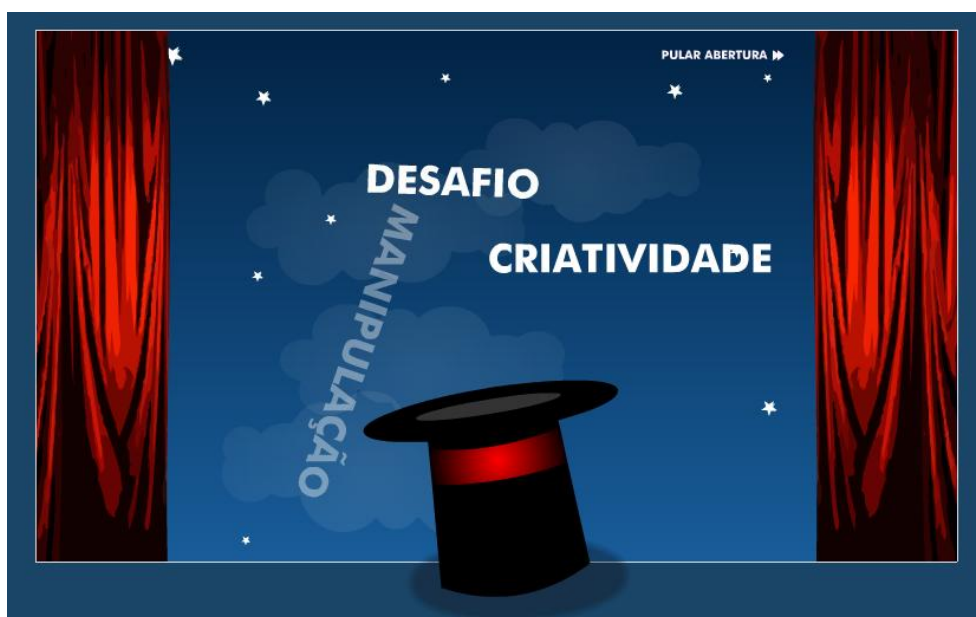
No final do processo metodológico, a aula é concluída com uma análise aprofundada da física do movimento, ou seja, com uma sistematização da relação entre força e movimento, para trajetórias retilíneas.

Em um projeto de aula como esse, o aplicativo serve inicialmente como instrumento para diagnosticar o conhecimento prévio dos alunos e suas concepções espontâneas sobre força e movimento, seguindo para a diferenciação dos conceitos de velocidade e aceleração. De uma forma geral, este procedimento tem resultado em um bom início para a construção de significados conceituais corretos sobre o conceito de força.

## CAPÍTULO 06

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos neste trabalho os pressupostos teóricos para a produção de aplicativos computacionais para o ensino de física, os padrões de produção destes aplicativos e um relato com avaliação preliminar de seu uso em ambiente escolar. Esses aplicativos foram apresentados inicialmente no formato de um CD, distribuído para a comunidade de professores. Esta produção e distribuição foram financiadas pela SBF/FINEP, MEC/SEB e FAPERJ em diferentes momentos. Neste CD (figura 12 e figura 13), 28 dos aplicativos foram produzidos pelo autor deste trabalho e os demais foram produzidos por alunos de graduação participantes do grupo e orientados pelos autores.



**Figura 12:** Capa do CD produzido para distribuição dos aplicativos computacionais



**Figura 13:** Menu principal do CD produzido para distribuição dos aplicativos computacionais

Esses aplicativos estão disponíveis também no site institucional [www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos](http://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos) (figura 14), que está sendo continuamente alimentado por novos aplicativos.

Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Ensino de Física e Ciências

### APLICATIVOS COMPUTACIONAIS

Aqui você encontra um conjunto de aplicativos computacionais ([objetos de aprendizagem](#)) para o ensino de física produzidos sob a inspiração de G. Felipe. Eles podem ser usados diretamente desta página, ou podem ser baixados para seu próprio computador (veja na parte inferior desta página).

Quem produziu os aplicativos: Geraldo Felipe, Marta F. Barroso e Rodrigo Neumann, com agradecimentos a Carlos Aguiar, Tatiana da Silva e Diego Bevilaqua. Para sugestões ou comentários, contacte [marta@if.ufrj.br](mailto:marta@if.ufrj.br) ([www.if.ufrj.br/~marta](http://www.if.ufrj.br/~marta)).

Financiamentos: FINEP, FAPERJ, SBF.

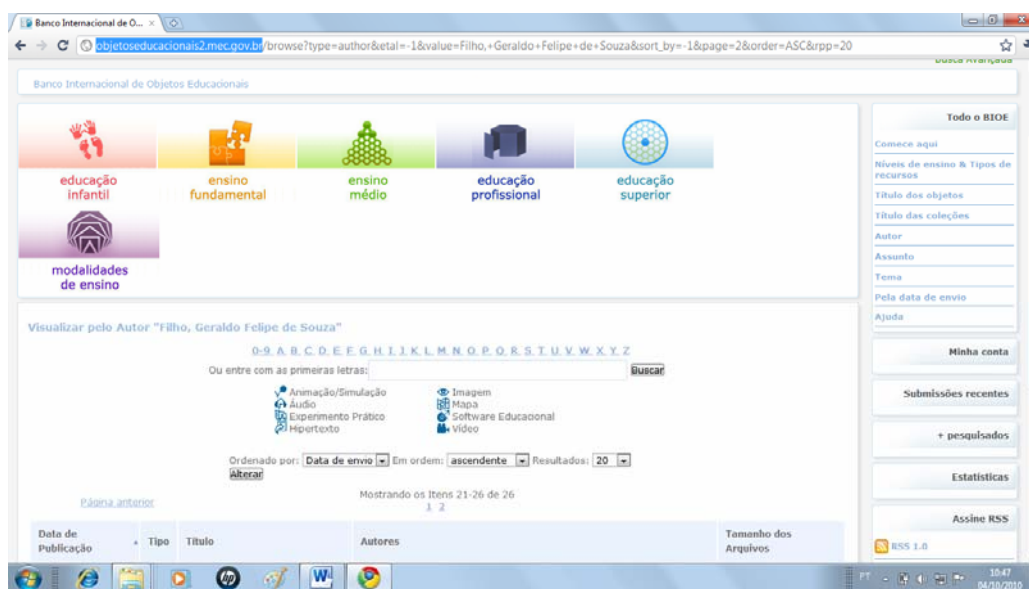
*para rápidas explicações de como usar os aplicativos, clique em PALCO.*  
*para ver estes aplicativos, você precisa do plug-in do Flash*  
*se você estiver usando o Internet Explorer, use F11 para ver a tela inteira*

TEMA E NOME DO APLICATIVO	DESCRIÇÃO	CLIQUE PARA ABRIR
<b>ÓTICA GEOMÉTRICA</b>	(produzidos por G. Felipe e M.F. Barroso)	
CAMPO VISUAL	<i>Um problema clássico: descobrir o campo visual de um observador em frente a um espelho plano</i>	<a href="#">campovisual</a>
REFLEXÃO EM ESPELHO PLANO	<i>Um experimento virtual interativo: medir o ângulo de reflexão de um raio luminoso por um espelho plano</i>	<a href="#">reflexão</a>

**Figura 14:** Imagem da página institucional dos aplicativos.

Do conjunto de aplicativos produzidos, 26 estão inseridos no Banco Internacional de Objetos Educacionais do MEC, no seguinte endereço eletrônico: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>

Abaixo mostramos duas imagens da página do Banco Internacional de Objetos Educacionais, com alguns dos aplicativos (figura 15 e figura 16).



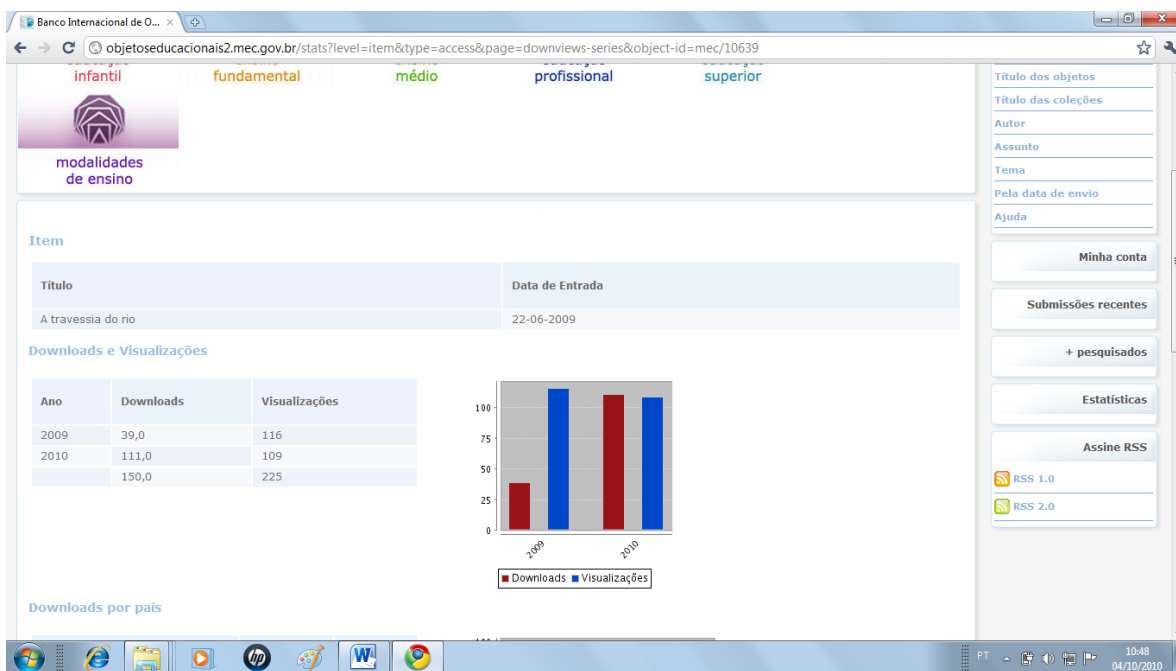
**Figura 15:** Imagem dos sítio com alguns objetos de aprendizagem presente no Banco Internacional



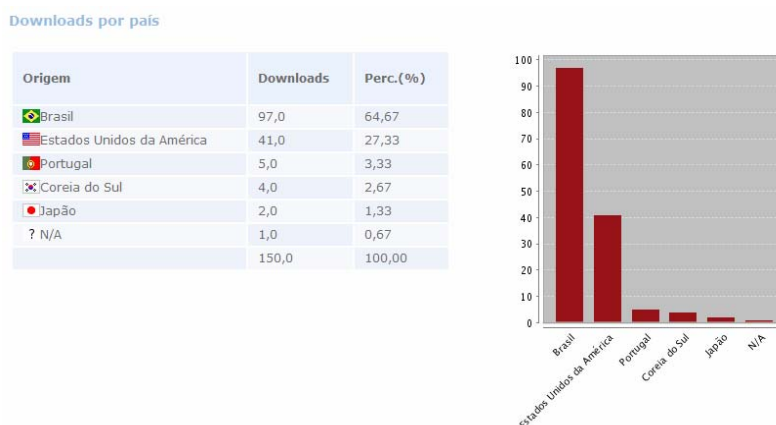
**Figura 16:** Sítio mostrando os objetos educacionais produzidos nesse trabalho e depositados na web.



As estatísticas referentes a visualizações e *downloads* dos aplicativos são fornecidas pelo site. Como exemplo, mostramos essas estatísticas referentes ao aplicativo "A travessia do rio" (figura 17, figura 18 e figura 19).

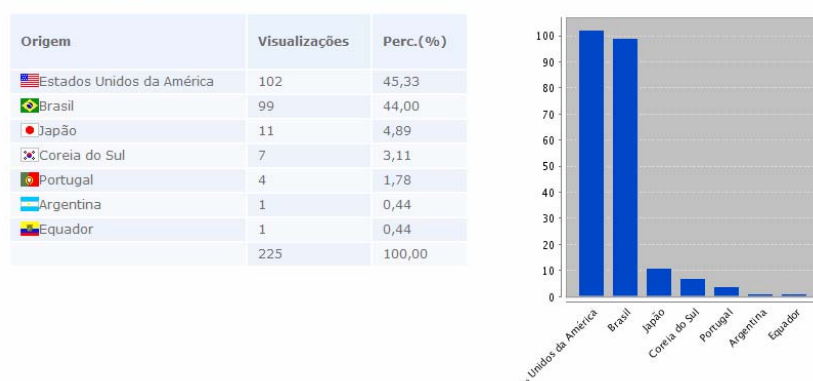


**Figura 17:** Estatística de acesso aos aplicativos computacionais de física produzidos nesse trabalho.



**Figura 18:** Estatística de downloads dos aplicativos computacionais de física produzidos nesse trabalho por região.

#### Visualizações por país



**Figura 19:** Estatística de visualizações dos aplicativos computacionais de física produzidos nesse trabalho por região.

Foram apresentados 3 trabalhos em congressos, versando sobre os aplicativos computacionais aqui citados. São eles;

- a) SNEF 2005 (Simpósio Nacional de Ensino de Física - Rio de Janeiro / RJ)
  - Este trabalho trata do uso de simuladores computacionais com ênfase no estudo da relatividade restrita.
- b) SNEF 2009 (Simpósio Nacional de Ensino de Física - Vitória / ES)
  - Este trabalho discorre sobre o conceito de objetos de aprendizagem e níveis de interatividade, aplicados a produção de aplicativos computacionais para o ensino de Física.
- c) EPEF 2006 (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba/PR)
  - Este trabalho apresenta um conjunto de aplicativos de física disponíveis em formato digital e discute as concepções teóricas que subjazem à produção deste material.

Concluimos que o uso sistemático em sala de aula leva a crer que tem-se disponível uma nova forma de ensinar física, onde a percepção fenomenológica é possível não mais apenas por meio de experimentos e modelagem matemática, mas também por meio da interação com modelos dinâmicos e interativos. Há indícios de que o uso contínuo dos aplicativos tem desenvolvido o letramento visual dos alunos e apresentado como resíduo uma imagem visual relevante para os momentos de resolução de exercícios e avaliações, em situações nas quais o simulador não está disponível.

Em um contexto envolvendo alunos de 1º ano de ensino médio, acostumados ao ensino tradicional de física fundamentado em processo de reprodução de algoritmos para resolução de exercícios matematizados, observa-se a necessidade de se criar uma cultura de trabalho para uma metodologia baseada no uso sistemático de aplicativos computacionais.

Acreditamos ter desenvolvido um processo de concepção e produção de aplicativos eficiente, gerando um conjunto de simuladores computacionais disponíveis para a comunidade de professores e alunos que atende aos objetivos propostos no presente trabalho. Entendemos que os aplicativos são limpos, permitem vários níveis de interatividade, fazem uso adequado dos processos de visualização em ciências, podem ser recombinaados com outros materiais instrucionais, podem ser reutilizados em diferentes contextos e constituem um material instrucional potencialmente significativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, C. E. *Informática no Ensino de Física*. Material didático impresso. CEDERJ, 2006. Disponível em <http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/notasdeaula/roteiros/aula01.pdf>, consultado em 5 de junho de 2007
- ARONS, A.B. *Teaching Introductory Physics*. New York: John Wiley & Sons. 1997.
- AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- BARROSO, M. F.; FELIPE, G.; SILVA, T. Aplicativos Computacionais e Ensino de Física. Atas do IX EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Londrina.
- BARROSO, M. F.; BEVILAQUA, D; FELIPE, G. Visualização e Interatividade no Ensino de Física e a Produção de Aplicativos Computacionais. Atas do XVIII SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009, Vitória. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0082-1.pdf>
- BODEMER, Daniel et al. Daniel Bodemer et al., The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations, *Learning and Instruction* **14**, pg 325, 2004.
- BRASIL. Parâmetros curriculares para o ensino médio Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica, Brasília, 140 pp, 2006.
- DIAS, M. A.; AMORIM, H. S.; BARROS, S. S. Produção de fotografias estroboscópicas sem lâmpada estroboscópica. *Caderno Brasileiro Ensino Física* 492, 26(3); 492-513, 2009
- EVANS, C., GIBBONS, N J. The interactivity effect in multimedia learning, *Computers& Education* 49, pg 1147, 2007.

- EZRILSON, C. M.; ALLEN, G. D.; LOVING, C. C. *Analysing Dynamic Pendulum Motion in an Interactive Online Environment Using Flash*. Science & Education **13**: 437-457, 2004.
- FELIPE, G., BARROSO, M. F., PORTO, C. M. Simulações Computacionais no Ensino de Relatividade Restrita. Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005.
- GILBERT, J. K. Visualization: A metacognitive Skill in Science and Science Education, , in Gilbert, J.K. (ed), Visualization in Science Education, Netherlands: Springer, 09-27, 2005.
- JENSEN, J. F. *Interactivity: Tracing a new concept in media and communication studies*. Nordicom Review. (19) 185–204, 1998.
- MCDERMOTT, L.C. Guest Comment: How we teach and how students learn – A mismatch?. American Journal of Physics vol. 61, no 4, p. 245, 1993
- MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. Aprendizagem significativa – a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- NEUMANN, R., BARROSO, M. F., Neumann, R. Simulações Computacionais e Animações no Ensino de Oscilações. Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005
- OECD 2007. PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World, Vol. 1. Disponível em <http://www.pisa.oecd.org>, consultado em 15/10/2010.
- OLIVEIRA, S. Linguagem & Ensino, Vol. 9, No. 1, 2006 (15-39)
- RAPP, D. N. Mental Models: Theoretical Issues for Visualizations in Science Education, in Gilbert, J.K. (ed), Visualization in Science Education, Netherlands: Springer, 43-60, 2005.
- SADDIK, A. Interactive Multimedia Learning, Berlim: Springer 2001

SILVA, M. Boletim técnico do Senac.

<http://www.senac.br/informativo/bts/242/boltec242d.htm>. acessado em 10/10/2010.

SILVA, T. e BARROSO, M.F. Fenômenos Astronômicos e Ensino a Distância: Produção e avaliação de Materiais Didáticos Anais do EPEF 11, Curitiba, 2008. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0103-1.pdf>. Consultado em 15/10/2010.

TIEBERGHIEN, Andrée; JOSSEM, E. Leonard; BAROJAS, J. (ed.). Connecting Research in Physics Education with Teacher Education – An I.C.P.E Book. International Commission of Physics Education, 1998. Disponível em <http://curie.umd.umich.edu/TeacherPrep/57.pdf>, consultado em 01/10/2008.

TVERSKY, B. Prolegomenon to Scientific Visualizations, in Gilbert, J.K. (ed), Visualization in Science Education, Netherlands: Springer, 29-42, 2005.

WILEY, D. A. *Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy*. In D. A. Wiley (Ed.), The Instructional Use of Learning Objects: Online Version, 2000. Disponível em <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>, consultado em 25 de março de 2006.