

## PRODUÇÃO DE SENTIDOS POR IMAGENS INTERATIVAS: *APPLETS* NO ENSINO DA FÍSICA

**Henrique César da Silva**

Universidade Católica de Brasília

hcs@ucb.br

**Jaime Luiz Colares Filho<sup>1</sup>**

Centro Educacional Objetivo - DF

jaimecolares@brturbo.com.br

### Resumo

Este trabalho faz parte de um projeto mais amplo que tem como uma de suas finalidades investigar o uso de recursos, como textos e imagens, numa perspectiva cultural, focalizando as condições de produção do conhecimento/discurso escolar, compreendido como lugar de relação entre o discurso científico e o cotidiano. Buscou-se analisar o papel da mediação de aplicativos de simulação (*applets*) na produção de sentidos em torno da síntese newtoniana. Amparados numa concepção discursiva de linguagem focamos nossa análise nos diversos aspectos e características dos *applets* que podem ser considerados como parte das condições de produção de sentidos envolvidos na sua mediação. Apontamos a possibilidade de estabelecimento de relações entre variáveis numéricas e não numéricas como um desses aspectos, e como diferentes *applets* reconstróem de modos diferentes a realidade física.

Palavras-chave: Ensino de Física; Imagens; *Applets*.

### 1 Introdução e justificativa

Este trabalho faz parte de um projeto mais amplo que visa contribuir para a compreensão da mediação de diferentes linguagens na construção do real da física, no que tange ao funcionamento de mediações escolares como textos e imagens, considerando uma concepção de ensino que busca privilegiar o processo de produção do conhecimento escolar compreendido como movimento que se dá na tensão conhecimento/discurso comum x conhecimento/discurso científico.

Buscamos compreender como aplicativos que apresentam a demonstração e simulação de fenômenos físicos envolvendo uma linguagem não verbal (imagens), podem funcionar na produção de um discurso que é movimento de reconstrução do real imediato do senso comum para o real da Física. Para tal focalizamos nossa atenção, em princípio, na análise de alguns *applets* encontrados na Internet, relacionados com o fenômeno do lançamento de projéteis. Alguns dos *applets* escolhidos dentro deste tema permitem se pensar em problemas ligados aos conteúdos da física do ensino médio. Vemos nestes *applets* a possibilidade de se trabalhar sentidos relacionados à síntese newtoniana, ou seja, confrontando conteúdos que comumente se encontram fragmentados no ensino médio como a gravitação, de um lado e o movimento balístico, de outro.

A teoria newtoniana da gravitação representa uma síntese epistemológica e ontológica entre o mundo celeste (cósmico) e o mundo terrestre. É parte implícita de uma teoria sobre o movimento dos corpos em geral, considerados abstratos, ontologicamente iguais, movendo-se num espaço também abstrato, matemático, e geométrico. Grande parte do

---

<sup>1</sup> Aluno de Iniciação Científica, licenciando do Curso de Física da UCB.

conhecimento físico escolar tem tido como referência fundamental, direta ou indiretamente, os livros didáticos. Estes, por sua vez, apresentam o produto do conhecimento científico e o organizam separando “física terrestre” (queda livre, lançamento de projéteis) da “física celeste” (gravitação propriamente dita), enquanto é justamente o sentido de uma síntese que o trabalho de Newton produziu, de tal modo que tópicos como gravitação, movimento de projéteis, lançamento horizontal e queda dos corpos aparecem não apenas em capítulos separados, como também sem nenhuma conexão explícita entre si, dificultando a produção do sentido dessa síntese, como já apontou Franco Jr. (1989), argumentando sobre a necessidade do estabelecimento de maior conexão entre física e astronomia, posto que a cinemática galileana não é apenas uma cinemática. A expectativa deste trabalho é contribuir para a construção paulatina de uma abordagem que integre esses elementos comumente fragmentados, e que, simultaneamente apareçam integrados a aspectos da cultura científico-tecnológica contemporânea como as tecnologias espaciais, os satélites artificiais, conforme argumentamos em Silva (2002).

A opção por pensar a mediação de imagens não se dá apenas na perspectiva de seu potencial para possíveis mudanças conceituais, mas, concomitantemente, num panorama educacional mais amplo, dada a importância cultural dessa mediação, notadamente a que utiliza os computadores. Trata-se de pensar o uso de *applets* na possibilidade de aprender Física no sentido de familiarizar-se com os modos como a Física reconstrói a realidade para compreendê-la e, simultaneamente, formar pessoas que saibam interagir com computadores e com a linguagem não verbal (imagens e sons) produzida pelas simulações.

## 2 Referenciais teóricos

Fundamentamos este trabalho em um esquema teórico que relaciona uma concepção de conhecimento científico apoiada em Bachelard (1996), uma concepção de conhecimento escolar baseada em Lopes (1999), e condições de produção da linha francesa da Análise de Discurso.

Segundo Eni Orlandi,

*“Do ponto de vista da significação não há uma relação direta do homem com o mundo, ou melhor, a relação do homem com o pensamento, com a linguagem e com o mundo não é direta assim como a relação entre linguagem e pensamento, e linguagem e mundo tem também suas mediações. Daí a necessidade da noção de discurso para pensar essas relações mediadas.” (Orlandi, 1996, p. 12)*

Na perspectiva da Análise de Discurso francesa, sentidos são produzidos em relação a outros sentidos, num processo envolvido na tensão paráfrase/polissemia. Discurso é compreendido aqui como efeito de sentidos. As interpretações, leituras (dos fenômenos e suas mediações) pelos estudantes, se constituem tanto em relação a discursos inscritos em formações discursivas da Física, quanto em relação a discursos inscritos em outras formações discursivas, como a linguagem cotidiana.

Ao tratarmos do ensino da Física é preciso levar em conta que estamos nos referindo ao ensino de um conjunto de sentidos sobre o mundo físico que será trabalhado a partir de (ou contra) sentidos já construídos. Vivemos nesse mundo físico e, portanto, mesmo que não tenhamos consciência clara disso, já o significamos, mediados por toda nossa cultura (imagens, palavras, etc). Pode-se pensar, portanto, o ensino da Física como o estabelecimento de relações, de deslocamento, de movimentos entre esses significados. No entanto, a real diferença entre eles está nas suas condições de produção, e não na verdade ou falsidade da

proposição a eles associadas (Possenti, 1997). Embora a realidade seja uma só, há múltiplos modos de apreendê-la, daí a importância de trazer para a física escolar o processo de construção do real da Física.

Lopes (1999) argumenta justamente que o conhecimento escolar é produzido em relação a diferentes conhecimentos que não participam na mesma matriz epistemológica, notadamente em relação ao conhecimento comum (cotidiano) e ao conhecimento científico. Se for fundamental a participação do estudante no espaço discursivo escolar, como defendem muitos autores, é preciso considerar que o discurso dos estudantes se inscreve numa história, sendo constituído também “fora” da escola. E nela, este discurso é posto em contato com outro discurso, o científico. É uma determinada maneira de relacionar esses discursos que configura o espaço discursivo escolar e os conhecimentos que ali são produzidos. Essa consideração teórica é válida tanto para o caso do discurso verbal, quanto para o discurso não-verbal, no caso, imagens, as quais merecem atenção especial nos dias de hoje dada à importância e o lugar que ocupam em nossas vidas e constituem nossa cotidianidade (Silva, 2002). É neste sentido que, a partir de uma perspectiva discursiva, podemos afirmar com Maingueneau (1997) que “um discurso não nasce, como geralmente é pretendido, de algum retorno às próprias coisas, ao bom senso, etc., mas de um trabalho sobre outros discursos” (p. 120).

Pensar o conhecimento escolar como movimento discursivo entre o científico e o cotidiano implica em pensar mediações que produzam significados em ambos os discursos e em modos de funcionamento que permitam que elas participem de deslocamentos do primeiro para o segundo. É dentro desta perspectiva que buscamos analisar a mediação de imagens, dando atenção especial neste trabalho aos *applets*.

Como coloca Sicard (2000), “as racionalidades científicas têm uma grande parte de responsabilidade na construção do magazine de imagens em meio ao qual vivemos” (p. 26). As imagens, de um modo geral, têm um papel essencial, e cada vez maior, na maneira como significamos o mundo físico e social. Daí a importância de sua análise quando se quer compreender e produzir significações em torno da síntese newtoniana e quando se considera que ao se procurar produzir essas significações no espaço escolar, encontram-se significações já produzidas pela inserção dos alunos em nossa cultura cotidiana, da qual fazem parte as imagens, como as do espaço cósmico e aquelas relativas às tecnologias espaciais.

Em relação às imagens é importante destacar seu aspecto cultural contemporâneo mais amplo, pois “atualmente há uma grande maioria de pessoas cuja inteligência foi e está sendo educada por imagens e sons, pela quantidade e qualidade de cinema e televisão a que assistem” (Almeida, 2001, p. 8).

Para este autor, imagens e sons podem ser pensados como aspectos fundamentais de uma nova cultura oral, possuindo um grau forte de realidade para o espectador.

*“A imagem/som projetada, por mais fantasiosa que seja, é sempre real; está sendo vista/ouvida como no mundo real. A sua relação com a imaginação é direta e global, quase sem mediações, semelhante à situação da fala (oral). É muito diferente da imaginação reflexiva, mediada pela palavra escrita e pela sintaxe de um texto literário. É essa homologia com a fala (oral) e com a realidade visível/audível que dá ao cinema e à TV sua força e domínio sobre as populações orais atuais.” (Almeida, 2001, p. 26-7, nota de rodapé).*

De acordo com Belloni (2001), um estudo realizado por Patrícia Greenfield, que marcou o final dos anos 80, mostrou que crianças que vêem muita televisão, independentemente dos problemas que possam aparecer com esse hábito, têm melhores aptidões para construir conceitos de relações espaço-temporais e para compreender relações entre o todo e suas

partes. Belloni (2001) aponta que este reforço na capacidade de abstração parece atuar positivamente no desenvolvimento de novas capacidades cognitivas e perceptivas, como por exemplo: fazer anotações enquanto se vê um programa de vídeo. A autora afirma, que essas constatações colocam desafios imensos para o campo da educação, tanto do ponto de vista da intervenção, quanto do ponto de vista da reflexão à cerca da construção de conhecimento apropriado à utilização das múltiplas mídias com fins educativos.

Visto que a linguagem oral-escrita não é a única que participa dos processos de produção de sentidos em nossa cultura, torna-se importante pensar o potencial de mediações didático-pedagógicas que possam favorecer a interatividade, que permitam explorar no espaço educacional formal características da “cultura da simulação” (Turkle, 1977, apud Belloni, 2001), e que esteja centrada nessa nova oralidade produzida por sons e imagens, a qual o jovem está plenamente acostumado.

Estas idéias ajudam a sustentar nosso pressuposto de que as imagens têm um papel importante nos processos de produção de sentidos, principalmente quando se considera o sujeito (dentro de sua cultura, seu contexto histórico-social), como elementos constitutivos desses processos culturais em que a escola está envolvida. Supor esta forma de oralidade é ir ao encontro da cotidianidade dos estudantes, em um movimento no qual é necessário se considerar o ensino como um processo de estabelecimento de continuidade-ruptura (Bachelard, 1996), do real comum para o real da Física.

Desta forma, se nas análises do discurso verbal devemos considerar a materialidade da língua, sua sintaxe, estrutura (Orlandi, 1999), na análise do discurso visual, temos que considerar os elementos fundamentais de cada uma das suas linguagens. No caso do cinema, cenografia, roteiros, planos, seqüências, montagem, sons, cores, a interpretação dos atores, etc. E no caso dos *applets*? Como pensar a questão da materialidade dos *applets* e sua relação com as condições de produção de sentidos? No caso das imagens produzidas por simulação, é preciso considerar um elemento constitutivo fundamental, sem o qual as simulações não podem ser produzidas, no âmbito do conhecimento da Física, a linguagem matemática.

A simulação produzida por um software é a representação em imagem de um modelo da realidade. Como colocam Pinheiro et al. (2001), o conhecimento físico é constituído por teorias estruturadas por modelos. Modelos e teorias articulam conceitos de modo que seus significados determinam as teorias e ao mesmo tempo são determinados por elas. A matemática teria como uma de suas funções, articular os elementos de uma teoria científica. Entre as características de um modelo, apontadas por esses autores, podemos destacar:

*“ele é uma construção da mente que permite substituir um conjunto de variáveis que, por diversas razões, não são diretamente acessíveis à experiência. Esse modelo é construído em função de alguma idéia que se faz do real; idéia que pode estar ligada às observações, aos conhecimentos anteriores e/ou à formulação do problema.” (idem, p. 38).*

O uso de imagens para trabalhar concepções de gravidade com alunos do nível médio é proposto por Bar et. al. (1997), particularmente para modificar a concepção de que a gravidade se estende apenas até a atmosfera terrestre. Estes autores, como nós, reconhecem a interferência implícita de imagens cotidianas de satélites e foguetes em órbita, de conhecimento dos alunos.

No que diz respeito ao conhecimento científico que produziu a síntese newtoniana podemos considerá-lo como um modo de significar o mundo natural que se constituiu, historicamente em oposição a outro discurso que separava o mundo celeste do mundo terrestre (Koyré, 2002). A matematização (geometrização) do espaço e da matéria é o ponto

fundamental desta ruptura (Bachelard, 1996), implicada nos trabalhos de diferentes cientistas, entre eles, Kepler, Galileu e Newton. Sobre as idéias de Galileu, Koyré (1986) vai dizer:

*“A forma geométrica é homogênea à matéria: eis porque é que as leis geométricas têm um valor real e dominam a física. Eis por que é que, tal como nos diz Galileu numa passagem justamente famosa de O Ensaíador, é uma linguagem matemática que a natureza fala, uma linguagem cujas letras e cujas sílabas são triângulos, círculos e rectas. E é por isso que é nessa linguagem que há que a interrogar: a teoria matemática precede a experiência.*

*“(...) Poder-se-ia dizer que a matéria terrestre é de ora em diante promovida ao nível celeste. E assim vimos a ciência nova – física geométrica, geometria física – nascer nos céus para descer à terra e tornar a subir aos céus.” (Koyré, 1986, p. 352-3)*

A matematização faz parte das condições de produção do conhecimento físico, daí a importância de trazê-la e trabalhá-la no ensino de Física em seu papel estruturante na produção desse conhecimento, ou seja, dos objetos da Física, como aponta Pietrocola (2002):

*“Assim, um dos atributos essenciais ao educador com relação a esta questão é perceber que não se trata apenas de saber Matemática para poder operar as teorias físicas que representam a realidade, mas de saber apreender teoricamente o real através de uma estruturação matemática.” (idem, p. 111)*

Formas geométricas e gráficos representam um entrecruzamento da linguagem matemática com a linguagem não-verbal das imagens. O **tempo** e o **espaço**, que na linguagem matemática, estruturam o conhecimento de processos físicos como os relacionados aos movimentos dos corpos, aparecem simultaneamente representados em imagens animadas, como é o caso das cinematográficas, e de simulações visuais como as proporcionadas pelos *applets*.

Portanto, está em jogo a mediação através de uma linguagem específica, implicada nos *applets*, cujo funcionamento é necessário compreender, para fornecer subsídios ao seu uso adequado em sala de aula. Trata-se de compreender seu papel na construção de uma outra realidade, diferente da realidade comum; construção que se pode dizer discursiva (simultaneamente verbal e não-verbal), pois “é no discurso que o homem produz a realidade com a qual ele está em relação” (Orlandi, 1996, p. 39).

A análise da mediação de animações produzidas por softwares de modelagem matemática de fenômenos físicos, como é o caso dos *applets*, entre outros, representa um excelente lugar de pesquisa para se compreender esse entrecruzamento entre o matemático, o visual e o físico. Entrecruzamento implicado na própria origem da mecânica newtoniana, como aponta Thuillier (1994).

Sendo assim, as questões centrais que orientaram este trabalho foram: 1) Que aspectos específicos e característicos deste tipo de imagens animadas (*applets*) precisam ser levados em consideração como partes das condições de produção dos sentidos mediados por elas? 2) Como estas condições podem funcionar na produção de sentidos em torno da síntese newtoniana?

### 3 Analisando *applets* do ponto de vista educacional

As tecnologias informacionais permitiram a criação de um certo tipo de “imagens” produzidas por um programa executável que podem ser manipuladas pelo leitor/usuário: as **imagens de simulação** e, entre elas, os *applets*, objetos de nosso estudo. Com uma ferramenta de pesquisa como por exemplo o *Google* ([www.google.com.br](http://www.google.com.br)) é possível acessar e selecionar um grande número desses *applets* disponibilizados na Internet, nas mais diversas áreas do conhecimento, dentre elas a Física.

*Applets* são animações produzidas por aplicativos que executam tarefas específicas e costumam ser embutidos em sistemas operacionais ou em outras aplicações (processadores de texto, gerenciadores de bancos de dados, hipertextos, etc). O termo ficou famoso com a linguagem JAVA que permite criar vários desses “programinhas” que facilitam a incorporação de animações em páginas da internet podendo torná-las mais interativas e dinâmicas.

Os *applets* se encontram no contexto de uma recente mudança na cultura visual, a da simulação, na qual, segundo Rénaud (1989 apud Fabris, 1998), há uma transformação radical não apenas do conceito de representação, sobretudo da relação com o real. Nesta mudança para a cultura da simulação a realidade “vívida” e a realidade virtual acabam por serem equivalentes. Trata-se da passagem da superfície à interface, do óptico ao numérico, o que pressupõe uma outra ordem visual alicerçada num modelo e sem suas formas de manipulação (Fabris, 1998). Estas animações podem ser pensadas, portanto, como um ponto entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, que subjaz a produção destas imagens.

Há outra importante característica diferenciadora em alguns *applets* em relação a outros tipos de imagens, sejam fixas ou em movimento: eles possibilitam que a pessoa (usuário) manipule diretamente as imagens (objetos e situações) que aparecem na tela do computador, modificando-as continuamente, permitindo comparações entre diferentes imagens produzidas. Esta ação, no caso de *applets* que simulam fenômenos físicos, se dá pela modificação de alguma variável (numérica ou gráfica) da representação do fenômeno e pela obtenção de uma resposta imediata do aplicativo. Portanto, pode-se dizer que há uma interação, ou no mínimo, ações por parte do usuário, intervindo sobre a imagem que aparece na tela do computador, de fato criada por um programa, que é modelo da realidade em si. Existe, conseqüentemente, a possibilidade do usuário “criar” múltiplas situações a partir de configurações iniciais, e perceber que a modificação nessas situações envolve uma mudança em uma (ou em mais de uma) variável da simulação.

É este caráter manipulável das imagens produzidas pelos *applets* que constitui a principal característica de sua materialidade, implicada como condição de produção dos sentidos por eles mediados. No entanto, estas ações e decisões do leitor dos *applets* estão circunscritas dentro de determinados limites impostos pelo programa que subjaze à imagem.

Como se pode caracterizar melhor este tipo de “imagem” que pode ser modificada pela ação dos leitores/usuários? Um termo comum na literatura a respeito das tecnologias informacionais (e já comum na literatura pedagógica) é o de “interatividade”. O termo “interatividade” teve sua origem na França, no fim dos anos 70 e ganhou notoriedade a partir dos anos 80 entre os informatas e teóricos, que com ele buscaram expressar a novidade comunicacional de que o computador “conversacional” é marco paradigmático, diferente da televisão monológica e emissora (Silva, 2001).

Visto que *applets* podem ser descritos por sua interatividade, faz-se necessário criar uma gradação própria que os compare de um mesmo tipo (ou assunto) e os classifique em “mais” ou “menos” interativos dentro de um mesmo conjunto. Uma vez que, neste trabalho, o termo “interatividade” é assentado na possibilidade de agir-interferir no conteúdo do *applet*, isto é, estamos diante de uma “interatividade situacional”, torna-se natural pensar que *applets*

mais interativos deverão ter uma maior quantidade de variáveis modificáveis pelo usuário (aluno). Então, a interatividade do *applet* de simulação de fenômenos físicos, pode ser compreendida como o grau de capacidade de modificação direta por parte do usuário, das variáveis envolvidas na simulação. Portanto, uma proposta para a “gradação de interatividade” desses tipos de *applets* seria: **Grau 1** => Uma variável modificável; **Grau 2** => Duas variáveis modificáveis; **Grau 3** => Três variáveis modificáveis; **Grau 4** => Quatro variáveis modificáveis; **Grau 5** => Cinco ou mais variáveis modificáveis.

Nesta categorização qualquer *applet* de simulação física que apresentar cinco ou mais variáveis modificáveis, será classificado como grau 5, independentemente do número total de possibilidades que ele apresente, em relação às possíveis alterações de suas variáveis.

Para uma análise qualitativa mais detalhada, selecionamos quatro *applets* de simulação física cuja proposta é a mesma: apresentar o lançamento de projéteis. Estes foram selecionados na perspectiva das possibilidades de superação de fragmentações comuns no ensino da física, como já comentamos. Todos eles apresentam variáveis numéricas, embora esta não seja uma característica explicitamente presente em qualquer *applet*. Além das variáveis numéricas alteráveis pelo usuário em campos específicos, em alguns casos, aparecem outras variáveis numéricas que não podem ser alteradas. No entanto, além das variáveis explicitamente numéricas que podem compor um *applet*, há todo um conjunto de variáveis visuais (não-numéricas) associadas ou não, direta ou indiretamente às variáveis numéricas, como cores, dimensões, formas etc.

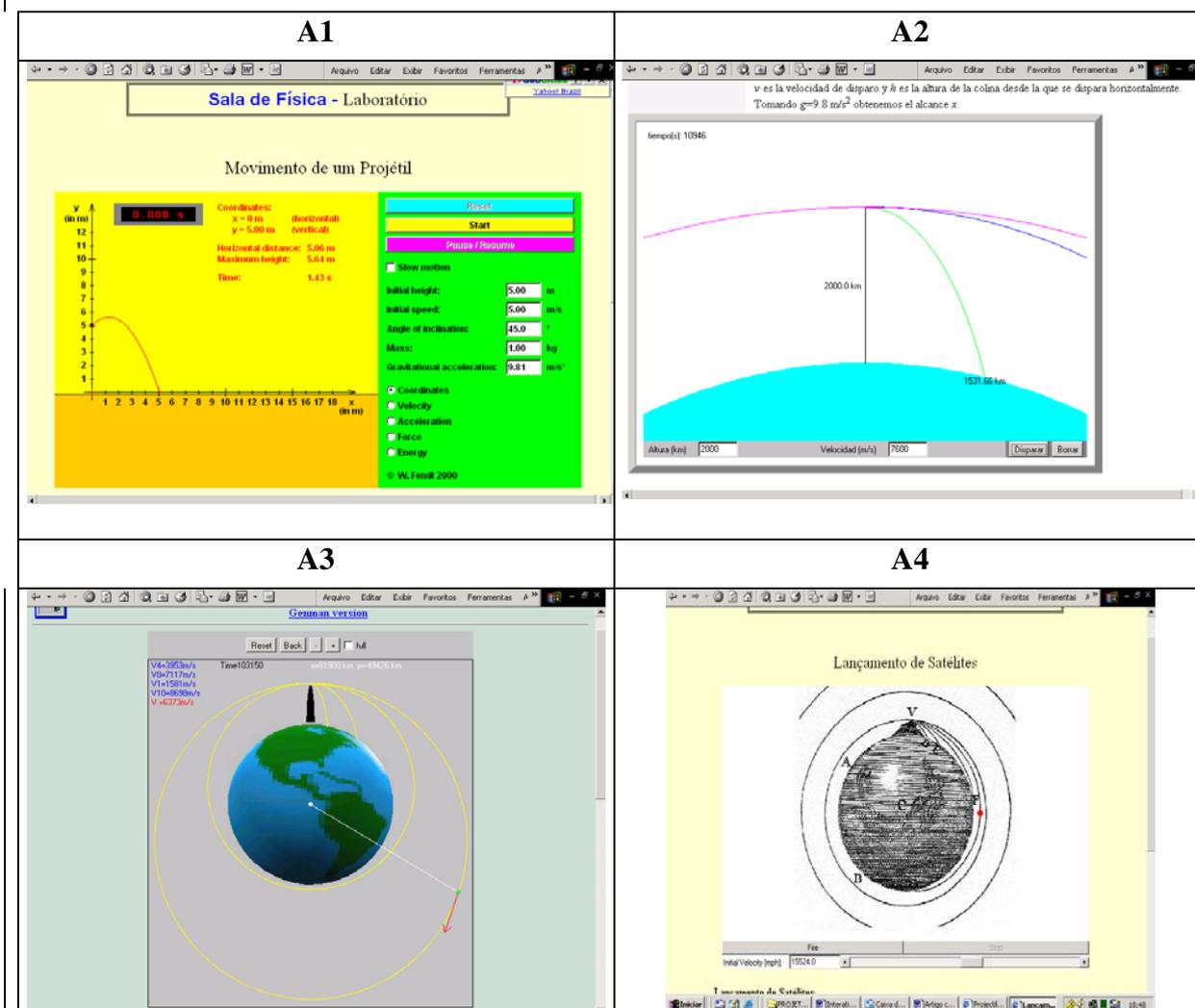
Nos quadros a seguir apresentamos, respectivamente, os endereços dos *applets*, uma imagem deles capturada na tela do computador, e as variáveis de cada um.

QUADRO 1 - ENDEREÇOS DOS APPLETS NA INTERNET ASSOCIADOS A SEUS RESPECTIVOS CÓDIGOS

Código	Endereço na Internet
<b>A1</b>	<a href="http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/projetil/projetil.htm">http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/projetil/projetil.htm</a> <b>Título:</b> Movimento de um projétil
<b>A2</b>	<a href="http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/kepler4/kepler4.html">http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/kepler4/kepler4.html</a> <b>Título:</b> El Descubrimiento de la Ley de la Gravitación Universal
<b>A3</b>	<a href="http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/projectileOrbit/projectileOrbit.html">http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/projectileOrbit/projectileOrbit.html</a> <b>Título:</b> Projectile Orbits and Satellite Orbits
<b>A4</b>	<a href="http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/lancamento/lancamento.htm">http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/lancamento/lancamento.htm</a> <b>Título:</b> Lançamento de satélites

A Física exige do aluno uma alta capacidade de abstração, normalmente atrelada ao uso da linguagem matemática na interpretação dos fenômenos. Esta interpretação pode envolver a observação de aspectos visuais (gráficos) ou aspectos numéricos resultantes do relacionamento entre duas (ou mais) variáveis. Assim, as ações dos leitores/usuários dos *applets* na modificação das imagens vistas fazem parte dos processos e das condições de produção de sentidos sobre os fenômenos que o *applet* representa, simula. Portanto, cabe-nos perguntar qual a relação entre interatividade e produção de sentidos.

## QUADRO 2 - APPLETS CAPTURADOS DA TELA DO COMPUTADOR

**Interatividade e Produção de sentidos**

Verificamos que a produção de sentidos no uso desses *applets* está condicionada às relações que o usuário consegue estabelecer entre diferentes variáveis (numéricas e não numéricas). Estas relações podem ser “descobertas” ou “testadas”. No caso de variáveis numéricas, ele terá que conseguir isolar e relacionar duas variáveis físicas de um fenômeno.

Por exemplo, nos *applets* A1, A2 e A3, ao relacionar o tempo de voo do projétil com a sua velocidade inicial, o aluno pode produzir o sentido de que quanto maior a velocidade inicial maior será o tempo de voo (mantidas constantes as outras variáveis do fenômeno). Estes sentidos, produzidos na interação com os *applets*, poderão ser diferentes de sentidos pré-construídos pelo aluno/usuário do aplicativo.

Se o aluno modificar mais de duas variáveis de uma só vez será difícil constatar a relação entre elas e, portanto, produzir significações sobre o fenômeno.

Há também sentidos envolvidos na observação de variáveis não numéricas. Por exemplo, nos *applets* A2 e A3, à medida que o projétil descreve sua trajetória, o aplicativo vai traçando uma curva correspondente que ao ser observada repetidas vezes, poderá produzir a idéia de que lançamentos horizontais constituem sempre trajetórias curvas. Nestes *applets* as trajetórias permanecem na tela possibilitando sua comparação à medida que uma variável

numérica (como a velocidade de lançamento) vai sendo modificada. Já nos *applets* A1 e A4, as trajetórias já estão prontas como se pré-existissem ao movimento do objeto.

QUADRO 3 - COMPARAÇÃO DOS APPLETS QUANTO À INTERATIVIDADE E ÀS VARIÁVEIS

Código	A1	A2	A3	A4
<b>Autores</b>	Walter Fendt <sup>3</sup>	Fu-Kwun Hwang	Ángel Franco García	Drew Dolgert
<b>Interatividade</b>	Grau 5	Grau 2	Grau 2	Grau 1
<b>Variáveis numéricas alteráveis pelo usuário</b>	Altura inicial (m) Velocidade inicial (m/s) Ângulo de inclinação (graus) Massa (kg) Acel. da grav. (m/s <sup>2</sup> )	Altura inicial (km) Velocidade inicial (m/s)	Velocidade inicial (m/s) Forma da Trajetória (completa ou incompleta)	Velocid. inicial (mph)
<b>Outras variáveis numéricas</b>	Tempo de vôo (s) Coordenadas (x, y) Alcance horizontal máx. (m) Alcance vertical máx. (m) Vetores: $v_x$ , $v_y$ , $v$ aceleração, força Energia cinética, potencial e total (mecânica) (em joules)	Tempo de vôo (s) Alcance máx (km)	Tempo de vôo (sem unidade. Provavelmente em segundos) Coordenadas (x, y) (km) Velocidade de vôo (m/s)	
<b>Variáveis não numéricas</b>	Trajetória (curvatura)	Trajetória (curvatura, cor) Curvatura da Terra (chão)	Trajetória (curvatura) Vetor velocidade de vôo Raio da órbita	Trajetórias fixas Posições definidas por letras (A, B, ...)
<b>Outras ações</b>			Permite parar o movimento (botão direito do mouse)	Permite parar o movimento (usando o mouse)

Ainda no *applet* A1, o aluno pode optar por representar o movimento em termos do vetor velocidade e descobrir que quanto maior é o valor da velocidade, maior é o tamanho do vetor correspondente. Tal fato aparece de maneira direta no *applet* A3, pois o vetor velocidade é sempre representado.

Os exemplos citados reforçam nossa crença que as simulações em geral, e os *applets*, em particular, podem se tornar uma ferramenta pedagógica poderosa na “possibilidade de produção de sentidos” pelo aluno, no decorrer dos processos de ensino e de aprendizagem. Contudo, a quantidade e a qualidade de sentidos que o aluno poderá produzir depende de algumas condições, em especial, da maneira como ele relaciona as variáveis do *applet* entre si, e dos novos sentidos que poderão ser produzidos a partir de (ou contra) sentidos previamente construídos pelo senso comum. O que se pretende, é justamente buscar uma forma de intervir nessas “possibilidades de sentidos” que o aluno pode produzir, durante a prática em sala de aula, com a utilização de um ou mais conjuntos de *applets*.

Analisando cuidadosamente os *applets* A1, A2, A3 e A4 é possível inferir algumas possibilidades de sentidos. Notamos que alguns sentidos são mais intuitivos, imediatos, produzidos a partir de associações simples entre variáveis físicas que o professor pode esperar que seu aluno obtenha com a “leitura/manipulação” de uma simulação na tela do computador.

No entanto, é preciso lembrar que todo processo de produção de sentidos não pode ser controlado, ainda que determinações facilitem a produção de determinados sentidos e

<sup>3</sup> <http://home.a-city.de/walter.fendt>

difícultem a produção de outros. Saber que sentidos estão sendo produzidos na interação com os alunos é um aspecto fundamental no funcionamento dos *applets*, objeto de outra pesquisa.

Ao analisar estes *applets* observamos que: 1º) o sentido da trajetória curva é visual e não depende do estabelecimento de relações entre variáveis pelo usuário, pois todo applet tem um *default*; 2º) imagina-se que a cada vez que o aluno estabelece uma relação entre duas variáveis físicas (numéricas ou gráficas), isolando-as na simulação, ele implicitamente está mantendo as outras variáveis constantes; esta ação pode não ser tão “natural” sendo um ponto importante do papel mediador do professor; 3º) nenhuma das simulações estudadas é em tempo real, ou seja, há uma escala de tempo, assim como das dimensões espaciais que marca um distanciamento entre o fenômeno em si e o produzido pelo *applet*.

### ***Detalhamento da análise dos applets***

Os quatro *applets* apresentados estão originalmente em línguas estrangeiras o que dificulta que os alunos interajam sozinhos com eles. O usuário deve buscar informações em suas respectivas *homepages*. Para os exemplos A1 e A4 estas informações estão em português, mas para os exemplos A2 e A3, as informações aparecem em espanhol e inglês, respectivamente. Daí a importância da presença do professor como mediador da utilização do aplicativo.

#### ***Applet A1 - Movimento de um projétil:***

Apresenta o movimento de um projétil numa região de campo gravitacional uniforme e sem a resistência do ar.

Permite múltiplas possibilidades de ajuste, levando o aluno a simular situações de lançamentos em outros planetas ( $g$  diferente de  $9,8 \text{ m/s}^2$ ) e produzir o sentido que lançamentos horizontais são lançamentos oblíquos com ângulo de  $0^\circ$ . Possibilita a representação gráfica do fenômeno, evidenciando a posição em coordenadas cartesianas, o vetor velocidade, o vetor aceleração da gravidade, o vetor peso e a energia mecânica do sistema. Como este applet apresenta a variável *massa* do objeto lançado, ele permite produzir o sentido de que no vácuo a aceleração adquirida independe da massa do corpo, o que não pode ser tão facilmente inferido em nenhum dos outros três *applets*. Como os outros, não permite que o aluno simule ambientes com resistência do ar. Por ser o mais interativo dos quatro exemplos, torna-se muito complexo, pouco intuitivo, próximo da linguagem matemática, pois o próprio lançamento é apresentado como o movimento de uma partícula em relação a um sistema de eixos cartesianos. Isso, aliado à profusão de alternativas no ajuste das variáveis, pode dificultar a possibilidade de produção de sentidos por parte do aluno.

#### ***Applet A2 - El Descubrimiento de la Ley de la Gravitación Universal:***

Apresenta o lançamento horizontal de um projétil, onde, dependendo do valor da altura de lançamento, a escala da imagem muda e a curvatura do planeta pode aparecer ou não. O *applet* permite ainda, dependendo da combinação de velocidade inicial e altura de lançamento, a colocação do projétil em órbita.

Neste applet, ao contrário, o papel de destaque está nas variáveis visuais, sendo menos matemático e mais intuitivo. Permite que o aluno faça a ligação entre o lançamento horizontal para pequenas velocidades e grandes velocidades até colocar o corpo em órbita. A partir dos valores default das variáveis, visualizamos a Terra inteira. À medida que a altura de lançamento vai sendo diminuída, a curvatura da Terra (do chão) vai desaparecendo, até tornar-se plana. Esta seqüência produz a idéia de uma aproximação/afastamento do

observador, permitindo que uma integração entre dois fenômenos comumente fragmentados no ensino da física: o lançamento horizontal próximo à superfície da Terra e o movimento orbital, justamente o sentido da síntese newtoniana. É na ação do usuário sobre o applet que este sentido pode ser produzido. *Queda dos corpos e movimento orbital* aparecem como dois casos particulares de um mesmo fenômeno. Essa mudança de escala é fator essencial à compreensão de que a mecânica terrestre e a mecânica celeste, no fundo, são uma só. Esse foi um dos grandes méritos de Newton, ao elaborar a teoria da Gravitação Universal e estabelecer essa síntese. Nota-se, porém que, a unidade das alturas está em km e as velocidades estão em m/s. Esse é um fator que dificulta a compreensão, pois a maioria dos nossos alunos está acostumada a pensar cotidianamente a velocidade em km/h.

### ***Applet A3 - Projectile Orbits and Satellite Orbits:***

Apresenta o lançamento horizontal de um projétil de uma altura fixa, onde, dependendo do valor da velocidade de lançamento, o alcance muda. Permite, dependendo da escolha correta da velocidade inicial, a colocação do projétil em órbita (isso também acontece com os exemplos A2 e A4 e não é permitido para o exemplo A1).

Este applet, de modo análogo ao anterior, possibilita a produção do sentido da síntese newtoniana, no entanto, de maneira menos intuitiva. Aqui a escala, a altura de lançamento não muda, não é uma variável do applet. Ele possibilita, contudo, a visualização da trajetória completa do projétil (opção do usuário), ou seja, que este realizaria se não houvesse o chão que o impedisse de continuar, indicando um novo sentido: a massa do planeta estaria concentrada em um único ponto (centro de massa), aspecto implícito da lei da Gravitação Universal de Newton. Trata-se de outra maneira de significar a síntese newtoniana, na medida em que, para diferentes velocidades de lançamento as trajetórias “completas” são todas elípticas. Além disso, este *applet* evidencia, pela variação no tamanho do vetor velocidade, que o movimento de queda é acelerado, mostrando que a velocidade aumenta, à medida que o corpo se aproxima do periélio e diminui quando o corpo se aproxima do afélio. No entanto, pela escala do vetor, nem sempre é visualmente perceptível a mudança de velocidade.

### ***Applet A4 - Lançamento de satélites:***

Apresenta o lançamento horizontal de um projétil de uma altura fixa, onde a variação da velocidade de lançamento permite colocá-lo em órbita, baseado numa ilustração original de Newton.

Do ponto de vista pedagógico, é bastante sugestivo, visto que permite que se faça a ligação entre o lançamento horizontal para pequenas velocidades e grandes velocidades até colocar o corpo em órbita, valendo-se de uma animação baseada em uma ilustração original de Newton. Tal fato permite ao aluno fazer conexões entre o contexto histórico e o contexto físico. Entretanto, o aplicativo falha justamente na questão das escalas de distâncias e velocidades, tornando a simulação um tanto irreal, pois não é possível prever o que é grande e o que é pequeno, em termos de distâncias e velocidades. Não permite que o aluno inicie uma quantificação do fenômeno. A unidade utilizada (milhas por hora) também é problemática para o caso brasileiro. Todavia, pode-se tornar um jogo divertido, ao tentar-se descobrir para quais valores de velocidade de lançamento, o projétil descreveria as órbitas propostas por Newton.

## 4 Conclusões

Após uma análise destes *applets* observa-se algo que parece constituir um padrão: quanto mais interativo é o *applet*, mais difícil parece ficar a compreensão do fenômeno de maneira mais intuitiva, mais próxima da visual. Percebe-se que entre os *applets* analisados há diferentes níveis de abstração do fenômeno. No nível mais abstrato, para o *applet* com um maior número de variáveis que podem ser alteradas (A1), temos também uma fragmentação maior da realidade. Parece que um alto grau de interatividade dificulta as possibilidades de produção de sentidos, visto que fica difícil para o aluno escolher, dentre múltiplas relações matemáticas possivelmente identificadas, duas variáveis para relacionar.

Identificaram-se ainda possíveis sentidos e suas relações com a mudança de variáveis nos *applets*. Pôde-se apenas dizer que quanto maior o grau de interatividade do *applet*, maior é a quantidade de sentidos que se possa produzir, no entanto, não de forma imediata. Fato que não chega a constituir vantagem, visto que muitas variáveis relacionando-se, dificultam a análise e a apreensão de idéias. Dentro desta perspectiva, conclui-se que *applets* pouco interativos podem ser bastante eficientes, já que a reduzida multiplicidade de opções faz com que o usuário não perca o foco.

Considerando a interatividade como um movimento dialógico na produção dos sentidos, pode-se questionar a identificação deste conceito com o número de variáveis que os alunos podem modificar no *applet*. Está implicado, isso sim, neste conceito de interatividade, a efetividade dos *applets* nos processos de significação pelo usuário.

Notamos também, ao analisar vários *applets* em torno de um mesmo propósito central, que é simular o lançamento de projéteis, diferentes representações da realidade e a configuração de diferentes fenômenos (o real da física). O que nos faz considerar como adequado para o ensino da Física um trabalho com diferentes *applets* representando de formas diferentes a mesma situação física, de tal modo a facilitar a produção desse sentido para o conhecimento físico, o de que este é uma construção sobre a realidade.

Verificou-se que a possibilidade de produção de sentidos, referida às ações do usuário sobre o *applet*, depende de como o aluno relaciona as variáveis que ele observa e da observação da mudança dessas variáveis. Assim, há um espaço importante de intervenção do professor, pois os sentidos que o aluno produz, dependem também da sua mediação, direta ou indireta, no processo, de como ele o conduz, que tipo de roteiro ele utiliza, etc.

Compreendidos dentro de uma perspectiva histórico-cultural, os *applets* podem ter uma função importante no ensino da Física e na compreensão da síntese newtoniana, entre outros motivos, pelo seu potencial na produção dos sentidos num processo em que a participação, a ação dos sujeitos é imprescindível. No entanto, percebe-se que o potencial dos *applets* depende do planejamento apropriado de ações interventivas, diretas ou indiretas, por parte do professor, ou seja, do modo como os *applets* são inseridos no contexto de ensino e aprendizagem, no modo como este contexto é organizado. A organização deste contexto, por outro lado, deve levar em consideração, entre outros elementos, uma análise cuidadosa dos *applets* que serão utilizados, principalmente da sua materialidade, como aspecto importante das condições de produção de sentidos que eles podem mediar.

## Referências

ALMEIDA, M. J. *Imagens e sons: a nova cultura oral*. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Cortez, 2001.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

- BAR, V.; SNEIDER, C. e MARTIMBEAU, N. Is there gravity in space? *Science and Children*, 34, n. 7, p. 38-43, 1997.
- BELLONI, M. L. *O que é Mídia-Educação*. Campinas, Autores Associados, 2001.
- FABRIS, A. Redefinindo o conceito de imagem. *Revista Brasileira de História*, 18, n. 35, 1998.
- FRANCO JÚNIOR, C. Os livros e a gravidade: uma queda pouco didática. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 70, n.165, p. 224-242, 1989.
- KOYRÉ, A. *Estudos galilaicos*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1986.
- KOYRÉ, A. O significado da síntese newtoniana. In: Cohen, B. e Westfall, R. S. *Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2002, p. 84-100.
- LOPES, A. R. C. *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.
- MAINGUENEAU, D. *Novas tendências em análise de discurso*. 3ª ed. Campinas, SP: Pontes: Editora da Unicamp, 1997.
- ORLANDI, E. *Análise de Discurso: princípios e procedimentos*. Campinas, SP: Pontes, 1999.
- ORLANDI, E. *Interpretação*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1996.
- PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19, n. 1, p. 93-114, 2002.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: \_\_\_\_\_. (org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001, p. 9-32.
- POSSENTI, S. Notas sobre linguagem científica e linguagem comum. *Cadernos CEDES*, 41 (Ensino da Ciência, Leitura e Literatura), 1997, p. 12-24.
- PINHEIRO, T. F., PIETROCOLA, M. e ALVES FILHO, J. P. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: \_\_\_\_\_. (org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001, p. 33-52.
- SICARD, M. Os paradoxos da imagem. *Rua*, n. 6, p. 25-36, 2000.
- SILVA, H. C. *Discursos escolares sobre gravitação newtoniana: textos e imagens na Física do ensino médio*. Tese (doutorado em Educação). Campinas, SP: Faculdade de Educação – Unicamp, 2002.
- SILVA, M. *Sala de aula interativa*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Quartet, 2001.
- THUILLIER, P. Espaço e perspectiva no Quattrocento. In: \_\_\_\_\_. *De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994, p.57-87.