

# Simulações de Física no Second Life: uma análise de viabilidade<sup>1</sup>

Renato P. dos Santos

## RESUMO

As dificuldades de aprendizado dos alunos em Física são bem conhecidas, havendo vasta literatura científica a respeito, acumulada desde os anos 70. As escolas não conseguem propiciar aos estudantes experiências diretas e físicas do movimento puramente newtoniano e, na sua ausência, são obrigadas a restringir-se a representações altamente matemáticas, abstratas e indiretas de objetos newtonianos. No entanto, as atuais possibilidades tecnológicas permitem que o estudante mergulhe, de forma interativa, em micromundos físicos virtuais 3D imersivos, os quais permitem uma experimentação pedagogicamente efetiva de diferentes leis físicas, tal como proposto por Papert trinta anos atrás, com o bônus de que a sensação de ‘presença’ os tornam mais eficazes do que os simuladores convencionais. Neste momento, o *Second Life* parece ser uma das plataformas mais promissoras disponíveis no mercado, já que, em estudos comparativos, ele destaca-se como a plataforma que oferece mais serviços e ferramentas para desenvolvimento de aplicações com qualidade, e, também, já não pode mais ser visto como apenas um *game*. O objetivo deste trabalho é, então, avaliar a viabilidade do ambiente do SL como suporte para micromundos físicos e simulações, dentro de um contexto construcionista. Concluímos que o SL mostra-se viável como um suporte flexível para micromundos e simulações, ainda que seja necessária alguma criatividade para contornar algumas dificuldades de implementação, em comparação a um simulador ‘clássico’.

**Palavras-chave:** Second Life. Ensino de Física. Micromundos físicos. Mundos virtuais. Simulações computacionais.

## Physics Simulations in Second Life: A viability analysis

### ABSTRACT

Student difficulties in learning Physics are well known, and there is an extensive literature on the subject, accumulated since the 70's. Schools are unable to offer direct and physical experiences of Newtonian motion to the students. In its absence, the schools are forced to restrict themselves to indirect and highly mathematical experiences of Newtonian objects. However, current technological possibilities allow the student to dive, in an experiential, interactive, and multisensory way, in immersive 3D virtual physics microworlds that allow a pedagogically effective experimentation of different physical laws, as proposed by Papert thirty years ago. As a bonus, the sense of ‘presence’, of ‘being there’, makes them more effective than conventional simulators. Right now, Second Life seems the most promising platform in the market, as it stands out in comparative studies as the platform that offers more services and tools for developing applications with quality, and can no longer be seen as just a game. The aim of this study is then to evaluate the viability of the SL

<sup>1</sup> Este trabalho é uma versão estendida da comunicação apresentada no *CBLIS 2012 – 10th Computer-Based Learning in Science*, Barcelona, 26 a 29 de junho de 2012.

**Renato P. dos Santos** é Doutor em Física e Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – ULBRA. Universidade Luterana do Brasil/PPGECIM. Endereço para correspondência: Av. Farroupilha, 8001. 92450-900 Canoas, RS. E-mail: [fisicainteressante@gmail.com](mailto:fisicainteressante@gmail.com)

environment as a support tool for physics microworlds and simulations within a constructionist context. We conclude that SL proves viable as a flexible support, even if it takes some creativity to overcome some difficulties in implementation, compared to a ‘classic’ simulator.

**Keywords:** Second Life. Physics teaching. Virtual worlds. Physics microworlds. Computer simulations.

## INTRODUÇÃO

As dificuldades de aprendizado dos alunos em Física são bem conhecidas, havendo vasta literatura científica a respeito, acumulada desde os anos 70 (ver, por exemplo, TROWBRIDGE; MCDERMOTT, 1981). Segundo Driver (1989), os estudantes estão pouco inclinados a “mudanças conceituais” e, no seu dia-a-dia, utilizam mais comumente as suas concepções alternativas do que o conhecimento científico recebido, o qual fica, então, restrito ao contexto escolar.

Já em 1980, Papert apontava que os estudantes quase não têm experiências diretas e físicas do movimento puramente newtoniano e, na sua ausência, as escolas são obrigadas ensinar o movimento newtoniano por meio de manipulação de equações, em vez de manipulação dos próprios objetos newtonianos (PAPERT, 1985). Segundo esse autor, o aluno é obrigado a memorizar ideias desconexas e a aprender a trabalhar com equações, antes de usá-las para modelar o mundo newtoniano.

Embora também pregando o aprendizado, na forma de “construção de estruturas do conhecimento”, Papert distingue seu Construcionismo do Construtivismo Piagetiano dizendo que o aprendizado acontece de forma especialmente feliz em um contexto onde o aluno está conscientemente engajado na construção do que Papert chama de uma *entidade pública*, seja ela um castelo de areia na praia ou uma teoria do universo (PAPERT; HAREL, 1991, p.1).

Assim, estendendo sua visão anterior de *Matelândia* (PAPERT, 1985), um micromundo matemático, para a Física, Papert introduziu sua visão de micromundos físicos (1985), ambientes de aprendizagem interativos baseados em computadores, onde os aprendizes poderiam manipular uma variedade infinita de leis do movimento, sem serem alimentados à força com as teorias ‘corretas’ antes que estejam preparados para inventá-las ou entendê-las. Integrando História da Ciência de uma forma que lembra muito as correspondências estreitas entre as fases históricas e as etapas da psicogênese observadas por Piaget e Garcia (1987), estes micromundos físicos proveriam uma experimentação pedagogicamente eficaz e ativa com os conceitos físicos. Tal “sequência piagetiana” (1985, p.152), propiciando que os alunos se conscientizassem de suas concepções alternativas, poderia minorar as dificuldades de aprendizado dos alunos em Física mencionadas acima.

Por outro lado, as atuais possibilidades tecnológicas permitem, agora, ao estudante imergir em mundos virtuais sintéticos, tal como Alice atravessando o espelho, tornando-se ‘avatars’ que podem colaborar entre si e aprender ativamente usando artefatos virtuais

para construir conhecimento (WALKER, 1990). Segundo Dede (1992), esta abordagem melhora a habilidade do estudante para aplicar conhecimento abstrato por situar o aprendizado em contextos virtuais similares aos ambientes reais em que essas habilidades serão efetivamente usadas no futuro.

Diferentemente dos típicos jogos solitários de vídeo, em que o mundo do jogo para quando o jogador desliga o game durante a noite e reinicia apenas quando o jogador recomeça o jogo no dia seguinte, os mundos virtuais são persistentes, no sentido em que eles continuam a existir e evoluir em tempo real em torno das ações dos outros jogadores que estão conectados (TSENG, 2011).

Há mais de 50 diferentes Ambientes Virtuais Multiusuários (MUVE, na sigla em inglês) atualmente disponíveis (TAYLOR, 2007), criados para simular a vida real, em algum sentido, e mais de 700 (MMORG, s.d.) mundos de jogo (*game worlds*), criados especificamente para entretenimento, tais como o *World of Warcraft*. Dentre eles, o SL, seguido pelo *OpenSim* e pelo *Active Worlds*, destaca-se como a plataforma que oferece mais serviços e ferramentas para desenvolvimento de aplicações com qualidade (REIS, R. et al., 2011), mesmo que não seja o com a maior população de usuários (TAYLOR, 2007). De fato, diferentemente de outros mundos virtuais, onde as leis físicas não são seriamente levadas em conta, os objetos criados no SL são automaticamente controlados pelo poderoso *engine* de física Havok™ (Havok.com, 2008).

## METODOLOGIA

Inicialmente, características específicas do ambiente SL, relevantes para seu uso como suporte para simulações e micromundos (PAPERT, 1985), serão discutidas em detalhe, como subsídio para a análise subsequente. Além disso, alguns exemplos concretos de simulações no SL serão apresentados brevemente, por forma a tornar mais claras e ricas a discussão e a análise.

Em seguida, será analisada a viabilidade do ambiente do SL, através dos critérios estabelecidos por Reis e Andrade Neto (2002) e por Marcelino e Mendes (1994), dando menos ênfase a critérios relevantes apenas do ponto de vista da informática do que a características relevantes para o processo de ensino e aprendizagem, dentro de um contexto construcionista.

## Características Relevantes do Ambiente SL

Em finais de dezembro de 2012, o mundo do SL era composto por 28.097 Regiões (SHEPHERD, 2012) de 256 m x 256 m (65.536 metros quadrados ou cerca de 16 hectares) cada, ligadas entre si para fazer uma área contínua de cerca de 1.841 km<sup>2</sup>, 21% maior do que o município de São Paulo. Cada região é composta de um quadrado de terreno virtual, incluindo o espaço aéreo acima dela, e é hospedada por um único processo de simulação em execução nos servidores da *Linden Lab* (SIMULATOR, s.d.).

Cada servidor é conectado, aresta com aresta, a 4 outras máquinas, formando uma grade de computadores. Esta grade simula uma completa dinâmica física de corpo rígido, uma detecção precisa de colisão, em nível de polígonos, de todas as coisas (avatars, objetos, etc.) (SIMULATOR, s.d.) que existem na coluna espacial acima do terreno e uma solução simplificada das equações de Navier-Stokes para simular o movimento dos ventos e nuvens que evoluem ao longo do tempo em todo o mundo (ROSEDALE; ONDREJKA, 2003; ONDREJKA, 2004b). Além do terreno, ela também mantém o controle de todos os milhões de *primitivas* independentes, os blocos de SL que permitem a criação de objetos pelos mais de 30.000 avatares que habitam o SL simultaneamente a qualquer hora do dia (ONDREJKA, 2004b). A grade também executa *scripts* de usuário, cachês, envia dados de objetos e textura dentro da região (SIMULATOR, 2010) e executa rotinas de *streaming* para enviar de volta todos os dados necessários de visualização do mundo para os clientes de quem quer que esteja conectado (ONDREJKA, 2004b). Como resultado, o “Sol” do SL nasce e se põe cada 4 horas terrestres, objetos caem sob o efeito da gravidade, árvores e grama agitam-se com o vento e nuvens formam-se e derivam (ONDREJKA, 2004b). Portanto, o SL pretende simular todo um mundo parecido com a Terra, de uma forma razoavelmente vívida (ONDREJKA, 2004b).

Uma vez conectado através do software cliente, os usuários do SL (chamados de *residentes*) podem andar, explorar o mundo, apreciar a paisagem em 3D, voar, dirigir carros e outros veículos, interagir com outros avatares, jogar ou criar objetos. Há uma variedade de recursos disponíveis para os residentes para construir objetos complexos, com muitas texturas diferentes, tais como cadeiras, roupas, joias, veículos, armas e até mesmo edifícios inteiros. Na verdade, segundo Ondrejka (2004a), bem mais de 99% dos objetos no SL teriam sido criados por usuários e estes teriam respondido positivamente à ideia de criar o mundo em que vivem, o que já foi caracterizada como uma mudança de cultura, de uma cultura do consumidor de mídia para uma cultura participativa (JENKINS et al., 2006).

Uma versão simples e cativante da ideia de Construcionismo define-o como “fazer construindo” (PAPERT; HAREL, 1991, p.1) e, desta forma, a existência de tais recursos para a construção de objetos do SL é crucial para a viabilidade do SL como plataforma para micromundos. Note-se, porém, que, no SL, assim como não há objetivos de jogo pré-determinados, também não há ‘objetos-para-pensar-com’ pré-existentes, objetos transicionais, na linguagem de Papert (1985), entre o aluno e um determinado conteúdo. Desta forma, caberá ao professor ou aluno construí-los.

Por outro lado, como o SL possui as características de interatividade e imersão de um MMORPG, seus recursos para a construção de objetos permitem a criação colaborativa em tempo real, de forma iterativa e interativa, partilhando o ato de criação com outros usuários, o que incentiva a formação de equipes para trabalhar em conjunto em projetos de maior escala e a criação de laços interpessoais (ONDREJKA, 2004a). Além disso, a já mencionada persistência dos mundos virtuais permite que os objetos possam ser revisitados e compartilhados após a sua construção, permitindo aos alunos explorar o seu conhecimento ao longo do tempo e comparar objetos lado a lado, até mesmo sem que os alunos estejam online ao mesmo tempo. Desta forma, os objetos construídos

pelos usuários do SL constituem-se em artefatos digitais ou *entidades públicas*, na visão construcionista de Papert (PAPERT; HAREL, 1991), descrita acima.

Porém, mais do que apenas permitir a construção e manipulação de objetos, como em outros ambientes virtuais, o SL oferece recursos para imbuir interatividade nos objetos, para que estes possam mover-se, ouvir, falar, mudar de cor, tamanho ou forma, e até ‘comunicar-se’ com outros objetos, através da sua linguagem de programação *LSL (Linden Scripting Language)* (LSL PORTAL, s.d.). Na verdade, a LSL viabiliza o potencial do SL para ser usado como uma plataforma para simulações e micromundos construcionistas já que, segundo Hoyles et al. (2002), programação é a ferramenta prototípica para a visão construcionista, e um micromundo sem programação corre o risco de evitar justamente aquilo que dá ao micromundo seu poder. A flexibilidade das ferramentas do SL suportam ambos os estilos de construção *bricolage* (‘concreto’, por tentativa e erro, negociado e engajado) e planejador (‘abstrato’, hierárquico e estruturado) descritos por Turkle e Papert (1991), a partir da percepção de Lévi-Strauss. A estrutura da LSL é baseada nas linguagens Java e C e disponibiliza quase quatrocentas funções, dentre as quais várias com interesse para o estudo da Física nesse ambiente. Por exemplo, a função *llGetOmega* retorna a velocidade angular do objeto e a *llSetForce* aplica uma força ao objeto.

Apesar disso, como apontado por Vrellis et al. (2010), enquanto as Ciências têm sido frequentemente relatadas como domínio preferencial para ambientes virtuais de aprendizagem, os MUVes têm sido geralmente utilizados como meros lugares de exploração e investigação, com maior ênfase na interação do grupo e menos em aprender através da interação com o ambiente e modificação em uma abordagem construtivista [ou construcionista]. De fato, num rápido passeio por esses espaços virtuais, quase só se encontram meras réplicas do mundo real, apenas presenças institucionais com salas de aula tradicionais, às vezes incluindo telas virtuais, exibindo apresentações 2D em PowerPoint™ ou seminários em vídeo.

No entanto, a real vantagem de se usar uma plataforma como o SL, ou qualquer outro metaverso, é usá-la para fazer coisas inovadoras, que não possam ser feitas numa sala de aula e que estimulem a imaginação do estudante (DE FREITAS; GRIFFITHS, 2009). Por exemplo, Doherty, Rothfarb e Barker (2006) lembram que podemos usar esses ambientes para mergulhar avatares de tamanho apropriado em simulações tridimensionais de mundos de difíceis compreensões, desde o muito grande, tais como sistemas planetários, a ambientes micro, tais como células e até mundos em escala nano. Ou, como estes autores colocam, modelos que são difíceis de representar em um livro ou na tela plana de um computador tornam-se fáceis de construir e interessantes de explorar no SL (DOHERTY et al., 2006).

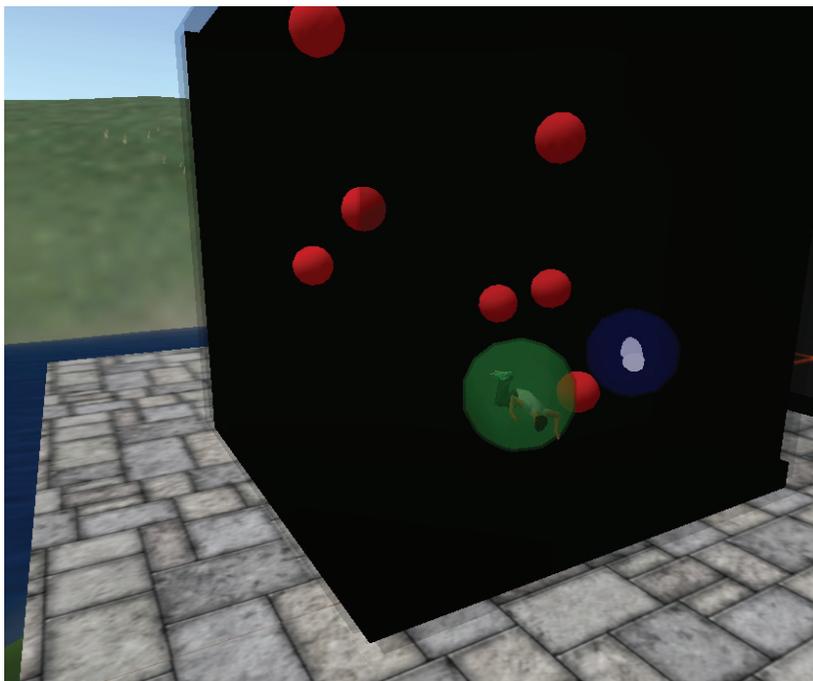
Na Figura 1, mostra-se uma simulação de movimento browniano de partículas, disponível no *Exploratorium*, em que o avatar pode ‘entrar’ em uma das partículas para observar e experienciar seu movimento ‘de dentro’, como se num *holodeck*<sup>2</sup>, bem de

---

<sup>2</sup> No universo imaginário da série *Star Trek* de ficção científica, *holodeck* é uma forma de *holotecnologia* [alguma espécie de realidade virtual baseada em hologramas] projetada e utilizada pela Frota Espacial. Eles são instaladas em naves, bases espaciais e instalações da Frota para fins de entretenimento, treinamento e pesquisa (OKUDA, M.; OKUDA, D., 1999).

acordo com o conselho de Doherty et al. (2006): “*permita que os visitantes tenham a participação de corpo inteiro nas exposições.*” Como afirma Warburton (2009), “um mundo virtual proporciona uma experiência no interior de um ambiente tecnológico que dá ao usuário um forte sentimento de *estar lá*” (WARBURTON, 2009, grifo nosso); a experiência de *imersão* dentro de mundos virtuais tem a capacidade de fornecer a estudantes e professores as ferramentas para “projetarem-se no espaço de aprendizagem” (WARBURTON, 2009).

FIGURA 1 – Simulação de movimento browniano no *Exploratorium*.



Fonte: foto do autor.

Do que foi discutido até aqui, o Quadro 1 resume possíveis correspondências entre recursos do SL e o Construcionismo.

QUADRO 1 – Correspondências entre recursos do Second Life e o Construcionismo.

Construcionismo	Second Life	
Construir objetos pessoalmente significativos. Explorar ativamente, testar e ampliar o entendimento.	Criação de objetos persistentes	Construção
Oportunidade de programar		Programação
Artefatos compartilháveis		Persistência
Tecnologia 'invisível'	Imersão	
Bricolage	Flexibilidade	
Colaborar em construções	Aprendizagem colaborativa	
<i>In-situ</i>	Presença social corpórea	

Fonte: Girvan et al., 2013.

No entanto, em trabalho anterior (DOS SANTOS, 2010), analisamos em mais profundidade o SL e concluímos que, diferentemente de um simulador 'tradicional' como o *Modellus* (TEODORO et al., 1996), faltam ao SL algumas funções básicas para prover condições iniciais de objetos, como simuladores usuais têm. Não há, por exemplo, uma função como *llSetVel* para definir a velocidade inicial do objeto e a função *llSetPos* existente não atua sobre objetos físicos. Porém, objetos físicos, em princípio, são afetados por 'vento' e 'gravidade' (DOS SANTOS, 2010) e, portanto, não manterão velocidade constante e desviarão de sua trajetória retilínea. Essa dificuldade pode ser observada nos três exemplos que se seguem.

*Oddprofessor Snoodle*, o avatar de uma professora de Física, estava, recentemente, criando uma réplica de um trilho de ar (*air track*) para seu *Museum and Science Center* (Figura 2). Ela descobriu-se incapaz de fazer com que o carrinho movesse sobre o trilho com velocidade constante.

Em outra situação, Greis e Reategui (2010) construíram um simulador de colisões com o tema de um par de carrinhos de parque de diversões, sem rodas e correndo sobre um trilho linear, realizando colisões frontais (Figura 3). Esta simulação proporciona o mesmo tipo de experiência física do que o trilho de ar de *Oddprofessor Snoodle*, mas permite aos usuários fazerem parte da experiência e observá-la pelo lado de dentro dos corpos em colisão, tal como na simulação da Figura 1. No entanto, numa comunicação privada a este autor, Greis manifestou o mesmo tipo de dificuldade em controlar a velocidade no SL.

FIGURA 2 – Réplica de trilho de ar no *Museum and Science Center*.



Fonte: foto tirada pelo autor.

FIGURA 3 – Simulador de colisão frontal de carrinhos.



Fonte: Greis; Reategui, 2010.

Em outro trabalho (DOS SANTOS, 2008), demonstramos, também, que a Física implementada no SL não corresponde nem a uma virtualização da Física do ‘mundo real’ nem à da Física ‘ideal’ Galileiana/Newtoniana. Além disso, várias grandezas físicas, tais como massa, aceleração e energia, têm uma definição bem diferente no SL das do mundo real e, por outro lado, o SL não simula nada além do correspondente à Física Mecânica, excluindo qualquer possibilidade de simulação direta de interações eletromagnéticas ou nucleares (DOS SANTOS, 2010).

Constatamos, também, que não há fluidos no SL. Tal como explicamos em (SANTOS, 2010), nos ‘oceanos’ do SL, ‘água’ é apenas uma propriedade das Regiões, mas não pode ser contida e não tem qualquer efeito de empuxo, viscosidade ou arrasto sobre avatares ou objetos; fora deles, tal como nas ‘piscinas’, ‘água’ é uma textura que pode ser aplicada ao objeto que a constitui, a qual pode, no entanto, ser tornada mais ‘realista’ animando-a através de *scripts*. As belas ‘fontes’ e ‘chafarizes’ encontradas no SL, por outro lado, são feitas a partir de uma classe especial de objetos, chamada ‘partículas’.

Após esta discussão sobre algumas das características relevantes do ambiente SL, passaremos uma análise da viabilidade do ambiente do SL como suporte para micromundos físicos e simulações.

## **Análise da viabilidade do SL como plataforma para simulações**

Vale lembrar que, ao contrário do micromundo matemático da Matelância (PAPERT, 1985), em que as variáveis relevantes são distância percorrida e orientação (ângulo), nos micromundos físicos as variáveis relevantes são, em adição à distância percorrida, as grandezas físicas, tais como velocidade, aceleração, força, massa, etc (1985). O foco do Construcionismo de Papert está “nos diálogos do indivíduo com suas próprias representações, artefatos e ‘objetos-de-pensar-com’” (ACKERMANN, 2004, grifo nosso) e, desta forma, têm muita relevância aqui as características do SL relacionadas à representação de grandezas físicas, já que delas dependem as representações do indivíduo neste espaço.

Para avaliar a viabilidade do ambiente do SL, basear-nos-emos inicialmente em Reis e Andrade Neto (2002). Da mesma forma que aqueles autores, daremos menos ênfase a critérios relevantes apenas do ponto de vista da informática do que a características relevantes para o processo de ensino e aprendizagem, especialmente como suporte para simulações e micromundos físicos (PAPERT, 1985). Todavia, tivemos que generalizar os critérios por ela propostos, quando necessário, já que o trabalho daquela autora analisava especificamente simulações de colisões mecânicas.

### **1 e 2. Representação em tempo real das grandezas físicas conservadas**

Quanto à representação das grandezas físicas, especialmente grandezas conservadas, tais como energia, momento linear, etc., elas não são automaticamente representadas em tempo real pelo cliente do SL. No entanto, a LSL disponibiliza funções para acessar diretamente algumas grandezas físicas, tais como a posição e a velocidade do objeto na região, que são retornadas por *//GetPos* e *//GetVel*, conforme discutido anteriormente. Com isso, essas grandezas podem ser representadas diretamente, em tempo real durante toda a duração do fenômeno, tal como se vê em destaque na Figura 2 e na Figura 4. Note-se que não há funções na LSL para acessar o valor de algumas outras grandezas relevantes,

tais como quantidade de movimento; por outro lado, como demonstramos anteriormente (2008), outras grandezas físicas no SL, tais como energia e aceleração, embora existam as correspondentes funções *llGetEnergy* e *llGetAccel*, elas têm uma definição bem diferente das da Física Newtoniana. No entanto, essas grandezas podem ser facilmente calculadas pelo *script* a partir das grandezas básicas, antes de serem exibidas.

FIGURA 4 – Painel de informações do *gamesim* Simulador de Pouso (*Lander Simulator*).



Fonte: dos Santos (2011a).

### 3. Relações explícitas entre a conservação das grandezas físicas com a evolução do fenômeno

Como vimos antes, o *script* tem acesso às grandezas relevantes, ou pode calculá-las, e, assim, é fácil para o programador fazer com que o *script* dê algum tipo de aviso ao utilizador, em função da grandeza estar sendo conservada ou não. Isto poderia fazer com que o aluno atente para a forma com que o experimento se desenrolou e faça a desejada associação.

### 4. Representação das grandezas – de natureza escalar e vetorial

As funções da LSL retornam corretamente o tipo da grandeza física, seja ela escalar ou vetorial. Por exemplo, *llGetMass* retorna o valor escalar da massa do objeto e *llGetVel* retorna um vetor que corresponde à velocidade do objeto na região. Assim, o *script* dispõe de informação suficiente para representá-las corretamente, tal como fizemos em (DOS SANTOS, 2012a).

## **5. A simulação é de um experimento real?**

Reis e Andrade Neto (2002) argumentam que existem diferenças significativas entre experimentar um fenômeno através de um experimento real ou através de uma simulação computacional, mas que esta dificuldade poderia ser minimizada se a simulação representasse um fenômeno real e de fácil acesso ao estudante, especialmente se em situações do cotidiano ou em laboratório. No entanto, comparando a simulação de colisões da Figura 2 com a da Figura 3, embora primeira seja mais ‘real’, no sentido em que reproduz um equipamento bem conhecido de laboratório, a maior interatividade, a sensação de ‘presença’, a imersão, a observação participante do fenômeno, a partir de dentro, da segunda simulação, embora seja menos ‘real’, propicia uma experiência mais rica, mais intensa e significativa para o estudante (GREIS; REATEGUI, 2010). Da mesma forma, a experimentação do movimento browniano da Figura 1, a exploração de moléculas em tamanho aumentado (LANG; BRADLEY, 2009) e de fractais (LEE, 2007) não representam experiências ‘reais’ e muito menos de fácil acesso ao estudante, mas experiências inovadoras, que não podem ser feitas nem numa sala de aula nem num laboratório e que, por isso mesmo, estimulam a imaginação do estudante (DE FREITAS; GRIFFITHS, 2009). Com isso, nos permitimos discordar de Reis e Andrade Neto (2002) neste critério, no que se refere a simulações em mundos virtuais imersivos 3D como o SL.

## **6. Manipulação de parâmetros iniciais como velocidades, massas e posições**

Reis e Andrade Neto (2002) destacam a importância das simulações propiciarem ao estudante a possibilidade de manipular parâmetros iniciais e, através disso, auxiliar os estudantes na compreensão da relação destes com os conceitos físicos e os fenômenos. Tal é possível no SL, pois, o script pode usar a função *llRezObject* para definir a posição e a velocidade inicial de um objeto físico; já para definir a massa do objeto, pode-se utilizar a função *llSetScale*, já que, como demonstramos (DOS SANTOS, 2008), no SL, ela depende do tamanho e não do ‘material’ do objeto.

## **7. Variedade de visualização: barras, gráficos, animações, ícones**

A LSL e os recursos para a construção de objetos e manipulação de texturas do SL permitem que o autor do script, com um pouco de criatividade, represente as grandezas de variadas formas, incluindo barras, gráficos, animações, ícones.

## **8. Facilidade de utilização do programa, estabilidade e portabilidade**

Como a quase totalidade do processamento ocorre nos servidores, o software cliente é pequeno e facilmente portátil para uma variedade de sistemas operacionais. Por outro lado, o esforço computacional realizado pela grade de computadores descrita acima leva a indesejáveis, porém compreensíveis, instabilidades. No entanto, a simulação em si não pode ser exportada como um *applet* Java e rodar remotamente em um *web browser*, como é possível em outras plataformas tais como a *AnyLogic* (RODRIGUES, 2008).

Consideraremos, agora, os requisitos genéricos de uma ferramenta para apoiar a construção de programas de simulação, segundo Marcelino e Mendes (1994):

### **1. Ser especificamente desenvolvida para o Ensino**

Papert fazia sérias reservas a software “especificamente desenvolvido para o Ensino”, já que o que se poderia rotular de ‘entretimento educativo’ (*edutainment*) estava, muitas vezes, associado a Instrucionismo (PAPERT, 1998). Desta forma, este quesito de Marcelino e Mendes parece ter menor relevância dentro de um contexto construcionista.

### **2. Possibilitar modelagem variada**

A razoável flexibilidade da LSL permite a construção de simulações a partir de diferentes tipos de modelos (contínuos, discretos, qualitativos, etc.) e, ainda, combinar modelos de diferentes tipos.

### **3. Utilizar essencialmente técnicas de manipulação direta**

A menos que um objeto criado no SL seja explicitamente configurado de forma contrária pelo seu criador, geralmente ele pode ser movido diretamente e, desta forma, técnicas de manipulação direta são possíveis no SL.

### **4. Técnicas de animação diversas e integração de outras mídias**

Como já dito acima, a LSL oferece recursos para imbuir interatividade nos objetos e, com isso, animá-los. Por outro lado, os recursos gráficos do SL possibilitam a incorporação de som, imagens, vídeos, etc., tanto registrados no mundo real como dentro do próprio SL.

## **5. Permitir formas de visualização variadas e técnicas de animação**

As autoras argumentam que, embora possa haver simulações sem animação, um programa animado por gráficos, figuras, ícones, etc., permite uma percepção diferente da realidade, mais fácil, rápida, concreta e rica. Considerando-se a razoável flexibilidade da LSL, não parece haver dificuldades na implementação deste quesito, cabendo esta, quase exclusivamente, à criatividade do programador.

## **6. Formas de interação diversas e poderosas**

Da mesma forma aqui, a flexibilidade da LSL permite formas de interação diversas e poderosas, tais como botões, menus, ícones, janelas, caixas de diálogo, perguntas de escolha múltipla/resposta simples/aberta, etc.. Vários exemplos são discutidos em detalhe em (MOORE et al., 2008).

## **7. Integração de outros meios**

Como já dito acima, os recursos gráficos do SL possibilitam a incorporação de som, imagens digitalizadas, sequências animadas, sequências de vídeo, etc. a objetos.

## **8. Integração de dados de outras ferramentas e tratamento estatístico**

Quanto à integração de dados de outras ferramentas (folhas de cálculo, etc.) e vindos da experimentação, bem como o seu tratamento estatístico, já há ferramentas de integração do Excel (ROSANIA; OGBORN, 2008), de páginas da Web e até do Twitter ao SL. Por exemplo, o *Orac* (LANG; BRADLEY, 2009), mencionado acima, questiona via Web os servidores online *ChemSpider* e *Indiana*, recebendo deles dados da estrutura 3D minimizada que, então, utiliza para materializar a molécula no SL. Por outro lado, não temos conhecimento de tratamento estatístico de dados dentro do próprio SL, mas talvez seja possível exportar os dados para análise externa.

## **9. Recursos para registrar o desempenho do aluno**

Novamente, a LSL oferece recursos para que o script registre as interações com a simulação, formas de manipulação, intervalos de tempo, etc. O SL oferece, também, recursos para registrar as atividades do aluno em fotos e em vídeo, bem como diálogos por chat, embora não de forma automatizada, com vista a otimizar sua aprendizagem.

## **10. Ter modos diferentes de funcionamento para o professor-autor, o professor-utilizador e o aluno**

O SL em si não oferece tais escolhas de modos de acesso. No entanto, uma vez que cada utilizador, em geral, acede o ambiente através de uma conta pessoal e única, simulações e micromundos construídos sobre o SL podem facilmente ser configurados com esse recurso.

## **11. Facilidade de uso e alteração**

Paradoxalmente, as próprias autoras Marcelino e Mendes ressaltam que, geralmente, quanto mais fáceis de usar as plataformas, mais limitam a criatividade. Da mesma forma, Papert argumenta que a aprendizagem é uma atividade que, essencialmente, requer esforço e que ‘tornar as coisas fáceis’ “é autodestrutivo e motivo de séria preocupação com a deterioração do ambiente de aprendizagem” (PAPERT, 1998). No entanto, a flexibilidade do SL deixa em mãos do programador fazer a simulação ou micromundo tão fácil de usar e alterável quanto sua imaginação permita.

## **12. Modularidade**

As autoras recomendam, também, que o ambiente permita a criação de submodelos a partir de módulos de programas que se possam posteriormente reutilizar, o que facilita a construção e promove a partilha entre os autores. No SL, os *scripts* são restritos a rodar em seções de apenas 64KB de memória do simulador (LSL SCRIPT MEMORY, 2011). Este fato, por um lado, restringe as possibilidades de *scripts* grandes e monolíticos, típicos de construções no estilo planejador, e, por outro, favorecem construções modulares, em que diversos *scripts* intercomunicantes são colocados em diferentes blocos que compõem o objeto, de forma semelhante à evolução que Papert anteviu para o LEGO/LOGO e que resultaria no *LEGO Mindstorms™* que incluiria “pequenos computadores de colocar dentro” das peças e “ativadores lineares que serão mais como músculos em seu modo de ação” (PAPERT; HAREL, 1991, p.5).

## **13. Ser portátil, para outras máquinas, línguas e culturas, e permitir a utilização individual, ou em rede**

Embora o software cliente do SL seja disponibilizado em muitas línguas, isso não faz com que mensagens e outros textos presentes no script sejam automaticamente traduzidos; apesar disso, durante certo tempo houve uma integração parcial do sistema de *chat* do SL com o *Google Translate™* que possibilitava tradução simultânea de mensagens. Por outro lado, como o SL é um MUVE, qualquer simulação construída nele pode naturalmente ser utilizada em rede ou individualmente.

## 14. Ser barata

O acesso ao SL e o software cliente são gratuitos, embora seja necessária uma conta *premium*, mantida através de uma pequena mensalidade, para dispor de terreno próprio para construções permanentes, embora sejam comuns parcerias de educadores com instituições de ensino e pesquisa que facultam o acesso gratuito a seus terrenos para o alojamento de experiências.

Concluindo, embora rico em recursos, não se pode dizer que o SL seja uma plataforma de fácil utilização. Há uma apreciável curva de aprendizado (SANCHEZ, 2009) que faz com que qualquer proposta de utilização do SL para o ensino tenha de reservar várias horas, em seu cronograma, apenas para que os estudantes se familiarizem com as tarefas básicas, tais como andar, passar por portas, subir escadas, manipular objetos, etc., apesar da existência no SL de *Ilhas de Boas-Vindas*, dedicadas a auxiliar os novos usuários, com orientações e tutoriais sobre comandos básicos de operação do avatar.

Por outro lado, vale lembrar o quanto o *Modellus* foi inovador (TEODORO et al., 1996), ao propiciar ao utilizador uma interface muito acessível, que dispensava o utilizador de ter que programar recursos gráficos, numa época em que boa parte dos computadores pessoais ainda trabalhava em DOS, antes do início da difusão do Windows v.3 em 1990. Nossa visão é a de que o SL é igualmente inovador, ao se constituir numa plataforma 3D acessível, e que pode ser ainda mais acessível se se dispuser de uma interface mais amigável como a TATI (*The Amiable Textual Interface for Second Life*) que desenvolvemos (DOS SANTOS, 2012b, 2012c). Ela permite aos utilizadores construir simulações simples de forma fácil, sem terem que entrar tão a fundo na programação LSL, reduzindo a curva de aprendizado acima mencionada e facilitando o acesso ao SL a um grande público de professores que podem, agora, dispor de mais essa interessante ferramenta.

## CONCLUSÃO

Sanchez (2009), após seu estudo sobre as dificuldades dos estudantes em aprender no SL, conclui que os designers podem criar uma experiência para os usuários do SL tendo por base os pontos fortes do mundo virtual ao mesmo tempo em que superam seus obstáculos. Concordamos com este autor, afirmando que, apesar das restrições e diferenças entre o SL e um simulador ‘tradicional’, verifica-se, pelos próprios exemplos acima apresentados, que o SL mostra-se viável como um suporte flexível para micromundos e simulações, ainda que seja necessária alguma criatividade para contornar algumas dificuldades de implementação, em comparação a um simulador ‘clássico’. Por outro lado, a rica experiência 3D imersiva, massivamente multi-usuário, que o SL proporciona pode ser prazerosa, engajar o usuário para explorar o território, e, com isso, oferecer uma série de vantagens sobre um simulador 2D, especialmente se mediada pela interface textual amigável TATI mencionada.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, E. K. Constructing Knowledge and Transforming the World. In: M. TOKORO; L. STEELS (Eds.); *A learning zone of one's own*: Sharing representations and flow in collaborative learning environments. Amsterdam: IOS Press, 2004, p.15–37.
- DEDE, C. J. The future of multimedia: Bridging to virtual worlds. *Educational Technology*, v. 32, n. 5, p.54-60, 1992.
- DE FREITAS, S.; GRIFFITHS, M. Massively Multiplayer Online Role-Play Games for Learning. In: FERDIG, R. E. (Ed.). *Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education*. Hershey, PA: Information Science Reference, 2009. v. 1, p.779-793.
- DOS SANTOS, R. P. Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life. *RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação*, v.6, n.2, 2008.
- \_\_\_\_\_. Second Life: Modelagem matemática e simulação computacional em Ensino de Física. In: V CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DE MATEMÁTICA, Ulbra, Canoas, Brasil, 21/10/2010. *Anais...* Canoas: ULBRA – Universidade Luterana do Brasil, 2010a.
- \_\_\_\_\_. O Simulador de Pouso: Um jogo de simulação no Second Life para o ensino de Física. In: VIII ENPEC – ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DE CIÊNCIAS, Campinas, 2011. *Anais...* Belo Horizonte, MG: ABRAPEC, 2011a.
- \_\_\_\_\_. Drawing vectors for physical quantities in Second Life [Blog post]. 2012a. Disponível em: <<http://www.secondlifephysics.com/2012/03/drawing-vectors-for-physical-quantities.html>>. Acesso em: 14/3/2012.
- \_\_\_\_\_. TATI – Uma interface textual amigável para o Second Life. *RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 10, n. 1, 2012b.
- \_\_\_\_\_. Manipulando Objetos Newtonianos: Aprendendo Física no Second Life com Tati.
- DOHERTY, P. D.; ROTHFARB, R.; BARKER, D. Building an Interactive Science Museum in Second Life. In: LIVINGSTONE, D.; KEMP, J. (Eds.); *Second Life Education Workshop at the Second Life Community Convention, 2006*, San Francisco. *Proceedings...* Paisley, UK: University of Paisley, 2006. p.19-24.
- DRIVER, R. Changing Conceptions. In: ADLEY, P.; BLISS, J.; HEAD, J.; SHAYER, M. *Adolescent Development and School Science*. London: The Falmer Press, 1989.
- GIRVAN, C.; TANGNEY, B.; SAVAGE, T. SLurtles: Supporting constructionist learning in Second Life. *Computers & Education*, v. 61, p.115–132, 2013.
- GREIS, L. K.; REATEGUI, E. Um Simulador Educacional para Disciplina de Física em Mundos Virtuais. *RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 8, n. 2, 2010.
- HAVOK.COM. *Havok Physics Animation 6.0.0 PC XS User Guide*. Dublin: Havok. Com, Inc., 2008.
- HOYLES, C.; NOSS, R.; ADAMSON, R. Rethinking the Microworld Idea. *Journal of Educational Computing Research*, v. 27, n. 1-2, p.29-53, 2002.
- JENKINS, H. et al. *Confronting the Challenges of Participatory Culture: Media Education for the 21st Century*. Chicago, IL: The MacArthur Foundation, 2006.
- LANG, A. S. I. D.; BRADLEY, J.-C. Chemistry in Second Life. *Chemistry Central Journal*, v. 3, n. 1, p.14-33, out. 2009.
- LEE, X. *Math in Second Life*. Disponível em: <[http://xahlee.org/sl/sl\\_math.html](http://xahlee.org/sl/sl_math.html)>. Acesso em: 13 dez. 2011.

*LSL SCRIPT MEMORY*. 2011. Disponível em <[https://wiki.secondlife.com/wiki/LSL\\_Script\\_Memory](https://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Script_Memory)>. Acesso em: 07/05/2012.

*LSL PORTAL*. s.d.. Disponível em: <[http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL\\_Portal](http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Portal)>. Acesso em: 29 out. 2008.

MARCELINO, M. J.; MENDES, T. Estratégias e ferramentas para a construção de programas educativos de simulação. In: RIBIE94 – CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, Lisboa, Portugal, 1994. *Anais...* . Lisboa, 1994.

MMORG Gamelist-All Listed Games. s.d.. Disponível em: <<http://www.mmorg.com/gamelist.cfm>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

MOORE, D.; THOME, M.; KAREN, H. *Scripting Your World: The Official Guide to Second Life Scripting*. Berkeley, CA: Sybex, 2008.

OKUDA, M.; OKUDA, D. *The Star Trek encyclopedia: a reference guide to the future*. 3rd ed. New York: Pocket Books, 1999.

ONDREJKA, C. R. Escaping the Gilded Cage: User Created Content and Building the Metaverse. *New York Law School Law Review*, v. 49, n. 1, p.81-101, 2004a.

\_\_\_\_\_. A Piece of Place: Modeling the Digital on the Real in Second Life. *Social Science Research Network Working Paper Series*. Social Science Electronic Publishing, Inc., 2004b. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=555883>>. Acesso em: 19 maio 2010.

PAPERT, S. A. Micromundos: Incubadores para o conhecimento. In: \_\_\_\_\_ (Ed.). *Logo: Computadores e Educação*. São Paulo: Brasiliense, 1985. p.148-164.

\_\_\_\_\_. Does Easy Do It? Children, Games, and Learning. *Game Developer magazine*, p.87–88, 1998.

PAPERT, S. A.; HAREL, I. Situating Constructionism. In: HAREL, I.; PAPERT, S. (Eds.); *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing, 1991. p.1-14.

PIAGET, J.; GARCIA, R. *Psicogênese e História das Ciências*. Lisboa: Dom Quixote, 1987.

REIS, M. A. F.; ANDRADE NETO, A. S. de. Simulação de Colisões Dirigidas ao Ensino de Física. *Acta Scientiae*, v. 4, n. 2, p.7–19, 2002.

REIS, R.; FONSECA, B.; ESCUDEIRO, P. Comparative analysis of virtual worlds. In: Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2011), 6, 2011, Chaves. *Proceedings...* Chaves, 2011. p.1-7.

RODRIGUES, J. G. D. F. *An analysis and evaluation of discrete production systems: a simulation based approach*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computacional) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

ROSANIA, G. R.; OGBORN, A. University of Michigan Plotter Prim Tool User Manual. *Second Life Data Visualization wiki*, [s.l.] 30 jun. 2008. Disponível em: <[http://sldataviz.pbworks.com/w/page/7807893/Prim\\_Plotter?mode=print](http://sldataviz.pbworks.com/w/page/7807893/Prim_Plotter?mode=print)>. Acesso em: 25 fev. 2012.

ROSEDALE, P.; ONDREJKA, C. R. Enabling Player-Created Online Worlds with Grid Computing and Streaming. *Gamasutra*, [s.l.] 18. set. 2003. Disponível em: <[http://www.gamasutra.com/resource\\_guide/20030916/rosedale\\_pfv.htm](http://www.gamasutra.com/resource_guide/20030916/rosedale_pfv.htm)>. Acesso em: 13 fev. 2012.

SANCHEZ, J. Barriers to Student Learning in Second Life. *Library Technology Reports*, v. 45, n. 2, p.29-34, 2009.

XIV EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 05 a 09 de novembro de 2012, Maresias, SP. *Anais...* São Paulo: SBF – Sociedade Brasileira de Física, 2012c.

SHEPHERD, T. *Second Life Grid Survey – Region Database*. Disponível em: <<http://www.gridsurvey.com/>>. Acesso em: 23 dezembro 2012.

SIMULATOR. 2010. Disponível em: <<http://wiki.secondlife.com/wiki/Simulator>>. Acesso em: 17 maio 2010.

SIMULATOR. s.d.. Disponível em: <<http://secondlife.wikia.com/wiki/Simulator>>. Acesso em: 17 out. 2010.

TAYLOR, D. *Second Life in perspective: A round-up of 50 virtual worlds*. fabric of folly blog. [s.l.], 14 out. 2007. Disponível em: <<http://www.fabricoffolly.com/2007/10/second-life-in-perspective-round-up-of.html>>. Acesso em: 13/2/2012.

TEODORO, V. D.; DUQUE VIEIRA, J. P.; COSTA CLÉRIGO, F. *Introdução ao Modellus – Experiências com Modelos Matemáticos em Física-Química e Matemática – Versão 1.11*. Lisboa: Didática, 1996.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. Investigation of Student Understanding of the Concept of Acceleration in one Dimension. *American Journal of Physics*, v. 49, n. 3, p.242-253, mar. 1981.

TSENG, Y.-S. Governing Virtual Worlds: Interration 2.0. *Washington University Journal of Law & Policy*, v. 35, p.547-570, 2011.

TURKLE, S.; PAPERT, S. A. Epistemological Pluralism and the Revaluation of the Concrete. In: HAREL, I.; PAPERT, S. (Eds.); *Constructionism*. p.161-191. Norwood, NJ: Ablex Publishing, 1991.

VRELLIS, I.; PAPACHRISTOS, N. M.; NATSIS, A.; MIKROPOULOS, T. A. Measuring presence in a collaborative physics learning activity in Second Life. In: Pan-Hellenic Conference with International Participation «ICT in Education», Korinthos, 7, 2010. *Proceedings...* Korinthos: HAICTE, 2010. p.95-102.

WALKER, J. Through the Looking Glass. In: LAUREL, B. (Ed.). *The art of computer-human interface design*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1990. p.213-245.

WARBURTON, S. Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. *British Journal of Educational Technology*, v. 40, n. 3, p.414-426, 2009.

**Recebido em:** maio 2012

**Aceito em:** dez. 2012