

Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life

Renato P. dos Santos

ULBRA/PPGECIM

e-mail: renato@fisica-interessante.com

SL: Otaner Merlin

Resumo

O ensino de Ciência desvinculou-se da realidade e se restringiu às salas de aula e aos livros textos com sua abundância de exercícios padronizados e repetitivos, enquanto os estudantes se aferram às suas concepções alternativas. Papert, já em 1985, defendia “micromundos da física” em que os alunos experimentariam uma variedade de leis do movimento, de Aristóteles até Newton e mesmo até Einstein. Neste trabalho demonstramos que a Física do Second Life é uma Física ‘surreal’ que não é nem uma virtualização da Física do ‘mundo real’ nem da Física newtoniana, ‘idealizada’. No entanto, argumentamos que essa mesma irrealidade se constitui em oportunidade, permitindo discussões e experimentações extremamente ricas sobre ‘o que é uma lei física’, bem de acordo com aquela proposta nunca implementada de Papert.

Palavras-chaves: Second Life, Física, realismo, Realidade Virtual, surreal

Virtual, Real or Surreal? Second Life Physics

Abstract

Science teaching detached itself from Reality and restricted to the classrooms and textbooks with its abundance of standardized and repetitive exercises, while students keep their alternative conceptions. As early as 1985 Papert championed "physics microworlds" where students could experience a variety of laws of motion, from Aristotle to Newton and even Einstein. In this study, we demonstrate that Second Life Physics is a ‘surreal’ Physics that is neither a ‘real world’ Physics virtualization nor a Newtonian ‘idealized’ one. However, we argue that this unreality is a gold opportunity, allowing extremely rich discussions and experiments on 'what is a physical law', in good accordance with Papert’s never-implemented proposal.

Key words: Second Life, Physics, realism, Virtual Reality, surreal

Introdução

“Morpheus: O que é real? Como você define real? Se você está falando do que pode ser cheirado, provado e visto, então real é simplesmente um sinal elétrico interpretado por seu cérebro.” (Irwin, 2003, p. 83)

“Cypher: Eu sei que este bife não existe. Eu sei que, quando o coloco na boca, a Matriz diz ao meu cérebro que o bife é suculento e delicioso.” (Irwin, 2003, p. 82)

Segundo Pietrocola (1999), no passado, aprendia-se ciência porque havia a crença que através dela se atingiria os segredos da natureza, do ‘mundo real’¹. No entanto, o ensino científico foi aos poucos se desvinculando do mundo cotidiano e da

realidade em geral, perdendo, conseqüentemente, sua vitalidade até se transformar numa atividade puramente teórica restrita às salas de aula e aos livros textos com sua abundância de exercícios padrão e repetitivos, resolvidos acriticamente, sem discussão ou controvérsia. Os estudantes estão pouco inclinados a mudanças conceituais e, no seu dia-a-dia, utilizam mais comumente as suas concepções alternativas (Driver, 1989) do que o conhecimento científico recebido, o qual fica, então, restrito ao contexto escolar.

Em contrapartida, já em 1980, Papert propunha uma seqüência de aprendizagem piagetiana para as leis de movimento de Newton, defendendo a construção de um “micromundo da física” (Papert, 1985). Desde então, micromundos têm sido construídos em diferentes plataformas, desde as originais tartarugas em Logo de Papert até ambientes educacionais com Realidade Aumentada (Zorzal, 2008).

Desde que os primeiros computadores foram fabricados, cientistas e programadores os usaram para simular situações complexas, tais como trajetórias de foguetes, fluxos de fluidos, etc. (Havok, 2008, p. 371). Por outro lado, as atuais possibilidades tecnológicas permitem 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). Esta possibilidade muda o foco do construtivismo modelando “magicamente” a própria natureza de como o estudante vivencia seu contexto físico e social (Dede, 1995). 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.

O Second Life (SL) (Rymaszewski, et al., 2007) é um mundo virtual fundado por Philip Rosedale (conhecido no mundo SL como Philip Linden), hospedado e operado pela Lab of Linden Research, Inc., mais conhecida como Linden Lab. O mundo do SL, também chamado ‘a grade’ (*the grid*), e tudo o que a constitui (avatars, objetos, paisagens, texturas e textos) é hospedado inteiramente em servidores geridos pela Linden Lab (Bestebreurtje, 2007). Para acessar a grade, os utilizadores devem instalar e utilizar um software cliente local. Uma vez dentro da grade, os utilizadores do Second Life, denominados ‘residentes’ no jargão do SL, podem andar pelo terreno, desfrutar da paisagem em 3D, voar, utilizar carros e outros veículos, interagir com outros avatares, jogar ou criar objetos. Na verdade, os recursos oferecidos pelo software de construir objetos complexos, com texturas variadas, tais como móveis, roupas, jóias, veículos, armas e até edifícios inteiros, levou a que a maior parte do atual ambiente tenha sido construída pelos próprios residentes.

Para muitos, o SL é ainda visto como um *game*, mas os residentes contestam essa visão, já que, essencialmente, não há objetivos e regras impostos aos participantes (Bestebreurtje, 2007). As únicas exceções são as regras de convivência que restringem comportamentos impróprios fora de áreas reservadas e as regras físicas que permitem a verossimilhança do mundo virtual, de forma que um avatar geralmente não possa atravessar paredes, seixos atirados na água comportem-se como esperado, obedecendo às leis de massa, fricção, gravidade, e flutuação, etc. (Ribeiro *et al.*, 2006).

Essa obediência a leis físicas básicas, de forma, por exemplo, a impedir a interpenetração de objetos, é assegurada por um software chamado de *engine* de física (*physics engine*). Estes *engine* de física são, frequentemente, parte de um software maior, denominados *engine* de jogo (*game engine*), criados pelos desenvolvedores de jogos, para minimizar os custos de criação de seus produtos (Nakamura, 2003, citado em Ribeiro *et al.*, 2006).

No entanto, como os engenheiros bem sabem, quanto mais fidelidade ao ‘mundo real’ se exige, tanto mais será preciso complicar os modelos teóricos (Bunge, 1974).

Bunge considera os modelos construídos pela ciência como capazes de representar a realidade, atribuindo-lhes papel de simulador do ‘mundo real’. Para este autor, eles são os intermediários entre a teorização generalizante e ideal contida nos domínios mais abstratos do conhecimento científico e o empírico específico e concreto presente em toda experiência sensível. A atividade de modelização seria, assim, o verdadeiro motor da atividade científica, por canalizar estas duas instâncias do humano (Pietrocola, 1999).

O acesso fácil e gratuito, razoável documentação, a existência de vários grupos de suporte e discussão e recursos de comunicação, gráficos e de animação levam muitos educadores a contemplar o SL como um ambiente versátil para conduzir atividades pedagógicas (Conklin, 2007), tais como simulações e modelagens². Embora vários autores exaltem o “potencial” (p. ex., Conklin, 2007) do SL para simulações que promovam o ensino da Física, não conseguimos encontrar qualquer exemplo concreto de simulações para Física e/ou relato da experiência de sua utilização. Encontram-se, no entanto, muitos objetos deixados à livre utilização pelos visitantes, em espaços como, por exemplo, o *Institute of Physics Experimenta*, situado nas coordenadas *Rakshasa* (207, 26, 25). Por outro lado, está em construção um reator nuclear virtual por pesquisadores da Universidade de Denver para treinamento de engenheiros nucleares (MEDEIROS, 2008).

Neste trabalho, estudaremos a realidade da Física do Second Life através de uma análise dos seguintes documentos:

- *Havok Physics Animation v. 6.0.0 PC XS User Guide*. (Havok, 2008)
- *LSL Portal*. (LSL Portal. s.d.)
- *LSL Wiki*. (LSL Wiki, s.d.)
- *Guidelines for Educators*. (Guidelines, 2008)

Discutiremos também as diferenças identificadas entre a Física do Second Life e aquela ensinada na escola dentro do contexto da noção de Realidade na Ciência e de Virtualidade, segundo Lévy (1996) e Eco (1985).

Após essa análise, discutiremos implicações e alternativas pedagógicas para essas diferenças, baseadas na nunca implementada proposta de ‘micromundos de física’ de Papert (1985).

1 Análise da Física no Second Life

Ao contrário de outros metaversos, tais como o *Google Lively* (Lively, s.d.), onde as leis físicas não são respeitadas ou levadas em conta, o Second Life é possivelmente o ambiente virtual mais realista do mercado atual, pois os objetos dentro dele são controlados pelo software Havok™. Este potente software foi usado na realização de efeitos especiais em vários filmes, tais como Tróia (*Troy*), X-Men: O Confronto Final (*X-Men: The Last Stand*), Harry Potter e a Ordem da Fênix (*Harry Potter and the Order of the Phoenix*) e As Crônicas de Nárnia: Príncipe Caspian (*The Chronicles of Narnia: Prince Caspian*), entre outros (Havok, 2008).

Em princípio, Havok implementa a mecânica newtoniana, as leis do movimento do ensino médio que descrevem o comportamento de objetos sob a influência de outros objetos e forças externas. O objetivo de seu projeto é proporcionar uma simulação que dê ao jogador um ambiente de jogo consistente para explorar (Guidelines, 2008).

O SL, através da sua linguagem de programação LSL (*Linden Scripting Language*), oferece recursos para imbuir interatividade nos objetos, tais como chafarizes, armas ou veículos, para que estes possam mover-se, ouvir, falar, mudar de cor, tamanho ou forma, ‘falar’ e até ‘ouvir’ outros objetos (LSL Portal. s.d.). Sua estrutura 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, $llGetPos()$ ³ e $llGetVel()$ retornam vetores que correspondem, respectivamente, à posição e à velocidade do objeto na região; $llGetOmega()$ retorna a velocidade angular do objeto; $llGetForce()$ retorna o vetor força que está sendo aplicado ao objeto; etc.

Enquanto várias grandezas físicas tais como tempo, comprimento e ângulo têm seus correspondentes físicos no SL, certas grandezas físicas no SL têm uma definição bem diferente das da Física Newtoniana, como se verá adiante.

1.1 Massa

Na Física, o conceito de massa abarca várias idéias diferentes desde a Antiguidade até a Relatividade Geral. No SL, massa é a medida da inércia translacional, porém medida em lindogramas (Lg) (LSL Wiki. s.d.). O valor da massa de um objeto é obtido pelas funções $llGetMass()$ e $llGetObjectMass()$. No entanto, ao contrário da definição Newtoniana de massa como sendo o produto do volume pela densidade do material, no SL ela depende apenas do tamanho e forma do objeto, mas não do material de que é feito, seja 'nuvem' ou pedra. Apesar disso, a massa de um avatar depende apenas da sua altura, independentemente de sua forma corporal mais ou menos robusta. Acessórios que estejam afixados ao avatar também não alteram sua massa total, com exceção dos sapatos, uma vez que aumentam a altura do avatar. (LSL Wiki. s.d.)

1.2 Aceleração

No SL, a grandeza aceleração tem a definição física usual como “a taxa de mudança temporal da velocidade” (Havok, 2008, p. 380). Em termos newtonianos, a aceleração a de um objeto de massa m , quando sujeito à ação de uma força F é dada por

$$a = F/m$$

No entanto, a função $llGetAccel()$, em vez de retornar a aceleração do objeto, retorna o vetor

$$(llGetForce()/llGetMass()) + \langle 0, 0, -9.8 \rangle$$

que é uma soma em que o primeiro termo corresponde à aceleração dinâmica do objeto, devido à ação de alguma força, e o segundo, a uma aceleração vertical para baixo que simula o efeito da gravidade terrestre (LSL Wiki, s.d.). Embora não tenham sido implementados efeitos aerodinâmicos ou hidrodinâmicos de viscosidade com ar ou com a água, para um objeto em queda livre, o valor da aceleração, inicialmente igual à aceleração da gravidade, irá se reduzindo até o valor nulo, por forma a simular efeito da resistência do ar que faz com que os objetos tendam a uma 'velocidade terminal', tal como no mundo real. Para um objeto em repouso sobre o solo, o valor retornado deveria ser sempre $\langle 0, 0, 0 \rangle$, o que corresponde à realidade física, considerando-se a existência de uma força normal do solo sobre o objeto que exatamente compensa a força da gravidade. No entanto, observamos valores aleatórios e em rápida mutação para $llGetAccel()$ num objeto parado, como mostramos na Figura 1. Acreditamos que tal se deva à ação do 'vento' onipresente no SL (LSL Wiki, s.d.).



Figura 1 - Aceleração aleatória num objeto parado

1.2 Energia

Na Física, o conceito de Energia foi sendo construído por diversos cientistas, desde o século XVIII, inicialmente com o objetivo de estudar colisões, sendo formalizado através das descobertas dos processos de conversão realizadas até meados do século XIX. É um conceito abstrato e sua conceituação advém do Princípio de Conservação da Energia⁴. No SL, a gestão da energia é um recurso de otimização de recursos e corresponde à identificação de objetos que estão parados em uma cena e sua remoção da simulação física (numa operação conhecida como desativação ou ‘desligamento’ do objeto), até o momento em que ele começa a se movimentar novamente (Havok, 2008, p. 379). Desta forma, no SL, ‘energia’ se assemelha mais a um conceito de ‘atividade’. Para isso, neste ambiente, ‘energia’ é uma grandeza adimensional que varia entre 0 e 1.0 e é usada para controlar a eficácia de uma ação sobre um objeto: se for 100%, a ação é total; se for menor, a mesma ação sobre o mesmo objeto terá um resultado proporcionalmente menor e se for 0, qualquer ação será inócua (LSL Wiki. s.d.).

Em vez da energia cinética da Física, que é calculada em função da massa m e da sua velocidade v como $E = \frac{1}{2}mv^2$, no SL, a energia se comporta mais como transferências de momento linear p ($p = mv$) (LSL Wiki. s.d.).

Ao contrário da Física, onde a energia se considera definida apenas no sistema do qual o objeto faz parte, no SL, a energia está armazenada no próprio objeto, num ‘reservatório’ de energia, proporcional à sua massa. O objeto perde energia enquanto uma função atua sobre ele, mas ganha continuamente energia da rede do SL à razão de 200 por lindograma de massa do objeto até que o valor máximo de 1.0 seja restabelecido. As funções demandam energia diferentemente e algumas, que retiram energia continuamente, poderão não funcionar se ‘retirarem’ energia do objeto mais rápido do que a grade consegue repor (LSL Wiki. s.d.). Por exemplo, a função *llSetBuoyancy()*, que define a ‘flutuabilidade’ do objeto e que pode ser usada para fazer

um balão flutuar suavemente (LSL Portal. s.d.), ‘consume’ tanta energia que um objeto com mais de 90 kg de massa não será capaz de flutuar, a menos que uma força extra para cima lhe seja aplicada (LSL Wiki. s.d.).

1.3 Fricção (atrito)

Fricção é o efeito de colisões múltiplas de um objeto em movimento com outros, por exemplo, com moléculas de ar ou de água. Na Física, o atrito é uma função dos materiais em contato, do estado das superfícies de contato, etc., sendo quantificada por um ‘coeficiente de atrito’, e também da força que o corpo exerce sobre a superfície do outro. No SL, simplesmente, objetos mais leves (com menos massa), nas mesmas condições, são menos afetados por atrito do que objetos com mais massa. Embora não se possa alterar o ‘coeficiente de atrito’, a fricção a que um objeto estará sujeito pode ser indiretamente modificada escolhendo-se o material de que é feito, dentre os disponíveis na construção do objeto. Por outro lado, o valor da ‘flutuabilidade’ do objeto, definido pela função *llSetBuoyancy()* também afeta a fricção (LSL Wiki. s.d.). Conforme dito antes, efeitos aerodinâmicos ou hidrodinâmicos de atrito com ar ou com a água não foram implementados, com a exceção da ‘resistência do ar’ para objetos em queda livre.

2 Sobre a ‘realidade’ da Física no Second Life

Mesmo que o ambiente virtual implemente as leis da Física, os designers do jogo podem não desejar seguir as regras do ‘mundo real’, permitindo, por exemplo, que os jogadores possam conduzir mais rápido, saltar mais longe ou repicar mais alto do que o normal. Segundo o próprio guia do Havok, um dos melhores e mais comuns truques para melhorar uma experiência global de condução num jogo é adicionar gravidade extra ao carro, com o efeito básico de aceleração do tempo subjetivo (Havok, 2008, p. 330). Por outro lado, se, em outro exemplo, os personagens caem sempre exatamente da mesma maneira, cada vez que são mortos, a ilusão de que estamos jogando em um ambiente real fica comprometida. O *engine* de física Havok implementa este comportamento caótico por padrão buscando aumentar a sensação de ‘realismo’. (Havok, 2008, pp. 374-375)

Tal realismo trucado nos lembra Eco (1985, p. 13), segundo o qual, “para falar de coisas que se pretende conotar como verdadeiras, essas coisas devem parecer verdadeiras”, o que, por sua vez, lembra a famosa frase atribuída a Júlio César: “A mulher de Cesar não deve apenas ser virtuosa, mas parecer virtuosa” (Plutarco, 1919, p. 467). Para que o jogo seja *more* (Eco, 1985, p. 14), mais divertido, mais emocionante, mais absorvente, seu designer o fará hiper-real², ‘melhor’ do que o original.

Vale ressaltar que se, no uso corrente, a palavra virtual freqüentemente designa um mundo falso ou imaginário, para Lévy (1996, p. 16), o virtual não se opõe ao real. Ao contrário dos ‘apocalípticos’ Baudrillard – que teme uma desrealização geral, “um apocalipse cultural” – e Paul Virilio – que anuncia há anos uma aterrorizante implosão do espaço-tempo –, Lévy defende que a virtualização, que retorna do real ou do atual em direção ao virtual, não é nem boa, nem má, nem neutra, mas é presença visível na transição cultural acelerada que vivemos hoje (1996, pp. 11-12).

Na verdade, desde Galileu, a Física não trabalha mais no ‘mundo real’ mas se colocou conscientemente fora da realidade, desenvolvendo leis deduzidas ‘abstratamente’, sem recurso à experiência com corpos reais (Koyré, 1992, p. 96). Aristóteles tentou construir uma Física do ‘mundo real’, onde a resistência do ar aparecia explicitamente na sua descrição do movimento (Dijksterhuis, 1969), o que fazia com que *nullum violentum potest esse perpetuum* (Dugas, 1955, p. 21), isto é, não

existiria o movimento perpétuo inercial de Newton. Na Física Newtoniana/Galileana, ao contrário, os objetos que aparecem nos enunciados dos problemas nos livros-texto de Física, tais como esferas absolutamente esféricas e absolutamente rígidas, movendo-se sobre planos absolutamente lisos, sem atrito, num espaço geométrico puramente euclidiano, sem resistência do ar, assemelham-se aos entes do mundo das idéias de Platão, que não se encontram na nossa realidade física. É uma Física de um ‘mundo ideal’. Mas, tal como Galileu descobriu, é essa dedução teórica, com os seus conceitos ‘fictícios’ (idealizados) que nos permitem compreender e explicar a natureza do ‘mundo real’ (Koyré, 1992, p. 98), embora hoje a resistência do ar quase só apareça nas Engenharias Aeronáutica e Automotiva.

Do que foi exposto até agora, vê-se que a Física do Second Life não é exatamente uma virtualização da Física do ‘mundo real’, como se poderia ser induzido a acreditar, ao se compará-lo com um ambiente de simulação tradicional como o *Modellus* (Teodoro, 2000). Mas também não é uma implementação da Física Newtoniana, ‘idealizada’, tal como oferecida pelo *engine* Havok. É, antes, uma Física ‘surreal’ que não corresponde a nenhum dos dois mundos ‘real’ ou ‘ideal’. Aqui usamos o adjetivo ‘surreal’ no sentido do movimento Surrealista, que se declarava interessado em escapar especialmente do constrangimento às percepções sensoriais imediatas que fazem do espírito um brinquedo do mundo externo e que falseiam o curso da ideação (Breton, 1956/1969). Com isso, pode-se ver o Surrealismo se aproximando da nova realidade, quântica e relativista, da Física do século XX (Reis *et al.*, 2006). Magritte, um dos principais representantes desse movimento, realizou várias obras em que explora e denuncia, de forma travessa, a diferença entre o ‘mundo real’ e sua representação, fazendo uma clara distinção entre ambos, tal como em sua obra *La Condition humaine*, de 1935 (Figura 2).



Figura 2 - *La Condition humaine* (1935), Magritte

3 Implicações pedagógicas

A surrealidade da Física do Second Life, tal como discutida anteriormente, poderia, à primeira vista, se constituir num obstáculo à sua utilização como ambiente de simulação para o aprendizado de Física. No entanto, consideramos que essa mesma surrealidade se constitui em oportunidade, permitindo uma discussão extremamente rica sobre os conceitos físicos, sobre ‘o que é uma lei física?’⁶, ‘o que é Ciência?’, ‘a Ciência estuda o Real?’, ‘a Ciência está pronta ou em construção?’, ‘quem é que faz a Ciência?’.

Para Papert (1985, p. 153), a frase ‘lei do movimento’ geralmente evoca um sentimento de apreensão. Que espécie de coisa é essa? Que outras leis de movimento existem além das de Newton? Isto sem dúvida contribui a dificuldade da maioria dos estudantes em Física. Para esse autor (*idem*, pp. 154-155), antes de se tornarem receptivos às leis de Newton, eles deveriam conhecer outras leis de movimento, não tão complexas, sutis e contra-intuitivas como as leis de Newton. Isso seria viável num micromundo físico, onde poderiam construir alternativas e uma variedade infinita de leis do movimento, progredindo, assim, de Aristóteles até Newton e mesmo até Einstein⁷, através de tantos mundos intermediários quantos desejar, numa forma que professores de visão estreita talvez se recusassem a reconhecer como Física (Papert, 1985, p. 150). Tantos mundos que “a distinção lógica entre o Mundo Real e os Mundos Possíveis foi definitivamente comprometida” (Eco, 1985, p. 21), no bom sentido da imersão e da experimentação, da distinção entre ‘o possível e o necessário’⁸.

O Havok “provê acesso de nível baixo às funcionalidades de núcleo, por forma a que o desenvolvedor possa construir comportamentos físicos complexos que não venham como padrão com o pacote” (Havok, 2008, p. 96). Com isso, os estudantes podem passar de meros atores para co-autores ativos, ensejando uma construção mais autônoma de conhecimento, a explicitação de concepções alternativas e a evolução conceitual (Yamamoto & Barbata, 2001) com maior eficácia.

No entanto, após quase trinta anos da proposta de Papert, excetuando-se as primitivas ‘*Dinatarts*’ (tartarugas dinâmicas) de diSessa (Abelson & diSessa, 1981), não temos conhecimento de implementações de micromundos que disponibilizem a experimentação com leis físicas diferentes das newtonianas, tal como concebido por Papert. Tal é o projeto em que estamos embarcando no momento.

Conclusões

Neste trabalho, procuramos mostrar que, afinal, a Física do Second Life não é nem a virtualização da Física do ‘mundo real’ nem a da ‘ideal’ Galileana/Newtoniana, para concluir que ela é ‘surreal’ e, ainda assim, um ambiente rico para discussão da realidade/irrealidade das leis físicas ensinadas na escola.

Essa foi a razão de ser da nossa viagem pela hiper-realidade do Second Life, à procura dos casos onde as fronteiras entre o jogo e a ilusão se confundem e a mentira é saboreada numa situação de ‘pleno’. (Eco, 1985, p. 14)

Os autores agradecem os enriquecedores comentários do Prof. Dr. Maurício Rosa (Ulbra/PPGECIM).

Notas

¹ Usaremos aqui o termo ‘mundo real’ no sentido comum, referindo-se ao nosso mundo cotidiano, das coisas concretas que nos cercam.

- ² Modelagem é uma abordagem pedagógica proposta por D'Ambrosio e Bassanezi, durante os anos 80, caracterizada pelo uso de problemas do 'mundo real' (Borba & Villarreal, 2005, p. 49). Embora possa ser realizada tanto com lápis e papel como com computadores, ainda não temos conhecimento de modelagens sendo realizadas em ambientes virtuais.
- ³ Todas as funções pré-definidas pelo Second Life têm seu nome iniciado por duas letras 'ele' (ll), para referir-se à empresa Linden Lab que criou esse ambiente.
- ⁴ DRUZIAN, Aline Cesar. **O Conceito de Energia na Física: Evolução Histórica, Perfil Conceitual e Mudança Ontológica.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Canoas : Universidade Luterana do Brasil, 2009.
- ⁵ Vale enfatizar que usamos a noção de hiper-real de Eco (1985) e não a de Baudrillard.
- ⁶ Título de um interessantíssimo livro de Richard P. Feynman, prêmio Nobel de Física.
- ⁷ Vide PIAGET, Jean. **Psicogênese e História das Ciências.** Lisboa : Dom Quixote, 1987.
- ⁸ Título de um livro fundamental de Jean Piaget.

Referências

- ABELSON, Harold; diSESSA, Andrea A. **Turtle Geometry: Computations as a Medium for Exploring Mathematics.** Cambridge : MIT Press, 1981
- BESTEBREURTJE, Tom. **Second Life : A model for applications - Generic Web support for serious games in Second Life and beyond.** 18 p. Amsterdam : VU University, Nov. 2007. Disponível em: <<http://www.cs.vu.nl/~eliens/study/multimedia/design/@archive/games/tom-sl.pdf>>. Acessado em: 29 out. 2008.
- BRETON, André. **Entretiens avec André Parinaud,** Paris : Gallimard, 1956/1969.
- BORBA, Marcelo Carvalho; VILLARREAL, Mónica. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking : information and communication technologies, modeling, visualization, and experimentation.** New York : Springer-Verlag, 2005.
- BUNGE, Mario **Teoria e realidade.** São Paulo: Perspectiva, 1974.
- CONKLIN, Megan S. **101 Uses for Second Life in the College Classroom.** Report. Elon University, Department of Computing Sciences, 2007. Disponível em <http://statewideit.iu.edu/resources/101_SL_Apps.pdf>. Acesso: 29 out. 2008.
- DEDE, Chris. The future of multimedia: Bridging to virtual worlds. **Educational Technology**, v. 32, n. 5, pp. 54-60, May 1992.
- DEDE, Chris. The evolution of constructivist learning environments: Immersion in distributed, virtual worlds. **Educational Technology**, v. 35, n. 5, pp. 46-52, July 1995. Disponível em: <<http://www.virtual.gmu.edu/pdf/constr.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2008.
- DIJKSTERHUIS, E.J. The Origins of Classical Mechanics from Aristotle to Newton. In: CLAGET, Marshall. **Critical Problems in the History of Science.** Madison : University of Wisconsin Press, 1969, pp. 163-184.
- DRIVER, Rosalind. Changing Conceptions. In: ADLEY, Philip; BLISS, Joan; HEAD, John; SHAYER, Michael. **Adolescent Development and School Science.** London: The Falmer Press, 1989.
- DUGAS, René. **A History of Mechanics,** Neuchâtel : Ed. du Griffon, 1955.
- ECO, Umberto. **Viagem na Irrealidade Cotidiana.** Rio de Janeiro : Nova Fronteira, 1984.



- GUIDELINES for Educators.** 30 jun. 2008. Disponível em: <http://www.simteach.com/wiki/index.php?title=Second_Life:_Guidelines_for_Educators>. Acesso em: 29 out. 2008.
- HAVOK.Com, Inc. **Havok Physics Animation v. 6.0.0 PC XS User Guide.** Dublin : Havok.Com, Inc., 2008.
- IRWIN, William (org). **Matrix** : bem-vindo ao deserto do real. São Paulo : Madras, 2003.
- KOYRÉ, Alexandre. **Estudos Galilaicos.** Lisboa : Dom Quixote, 1992.
- LÉVY, Pierre. **O Que é o virtual?** São Paulo: Editora 34, 1996.
- LIVELY. **Prereqs & Supported Systems:** Run Requirements. s.d.. Disponível em <<http://www.lively.com/help/bin/answer.py?answer=93894&topic=13361>>. Acesso em: 29 out. 2008.
- LSL Portal.** s.d. Disponível em: <http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Portal>. Acesso em: 29 out. 2008.
- LSL Wiki.** s.d. Disponível em: <<http://lslwiki.net/lslwiki/>>. Acesso em: 29 out. 2008.
- MEDEIROS, João. Doing physics in Second Life, **Physics World**, v. 21, fev. 2008, . 12.
- PAPERT, Seymour. Micromundos: incubadores para o conhecimento. In: _____. **Logo** : Computadores e Educação. São Paulo : Editora Brasiliense, 1985 pp. 148-164.
- PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino através dos modelos. In: **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3. Porto Alegre, 1999.
- PLUTARCO. The Life of Julius Caesar. In: **The Parallel Lives.** (Loeb Classical Library), vol. VII, Cambridge: Harvard University Press, 1919. Disponível em: <http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Plutarch/Lives/Caesar*.html>. Acesso em: 29 out. 2008.
- REIS, José Cláudio; GUERRA, Andréia; BRAGA, Marco: Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, out. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v13s0/04.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2008.
- RIBEIRO, Luis Otoni Meireles; TIMM, Maria Isabel & ZARO, Milton Antonio. Modificações em Jogos Digitais e seu Uso Potencial como Tecnologia Educacional para o Ensino de Engenharia. **RENOTE** : Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 4, n. 1, jun. 2006. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2006/artigosrenote/a36_21203.pdf>. Acesso em: 29 out. 2008.
- RYMASZEWSKI, Michael et al. **Second Life** : O Guia Oficial. Rio de Janeiro : Ediouro, 2007.
- TEODORO, Vitor Duarte; VIEIRA, João Paulo Duque; CLÉRIGO, Filipe Costa. **Modellus, Interactive Modelling with Mathematics.** Disponível em: <<http://modellus.fct.unl.pt/course/view.php?id=16#2>> Acesso em: 29 out. 2008.
- WALKER, J. Through the Looking Glass. In: B. Laurel (Ed.). **The art of computer-human interface design.** Menlo Park, CA : Addison-Wesley, 1990, pp. 213-245.
- YAMAMOTO, Issao; BARBETA, Vagner Bernal. Simulações de Experiências como Ferramenta de Demonstração Virtual em Aulas de Teoria de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** São Paulo, v. 23, n. 2, pp. 215-225, jun. 2001.
- ZORZAL, Ezequiel Roberto et al. Ambientes Educacionais Colaborativos com Realidade Aumentada. **RENOTE : Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, n. 1, Julho, 2008.