Realismo Visual em Ambientes Interativos como Ferramentas de Auxílio à Educação

Wagner Utiel, *Vmancer Technologies*, utiel@vmancer.com.br
Claudio Kirner, *Universidade Federal de Ouro Preto*, ckirner@gmail.com

Resumo. Neste artigo, investigaremos a criação de realismo visual através da simulação visual de fenômenos naturais complexos em ambientes virtuais 3D. Para isto, serão utilizados os chamados sistemas de partículas. Discutiremos como utilizá-los no ensino, com ênfase em ciências exatas e tecnológicas, visando aumentar o interesse do aluno e facilitar o aprendizado do conteúdo ensinado. Será abordada também a conveniência do uso de técnicas de modelagem tradicionais em 3D para determinadas situações.

Palavras chaves: realismo visual, simulação visual, ensino à distância, ambientes interativos.

Abstract. In this paper we investigate the visual realism through the visual simulation of complex natural phenomena in 3D virtual environment. We will use the so called particle system and will discuss its use in learning, with special attention to exact and technological sciences, with objective to increase the student interest and to turn easier the learning process of scientific content. We will explore also the use of traditional 3D modeling for some cases.

Introdução

Diversos conceitos científicos relacionados com importantes fenômenos naturais são difíceis de serem representados visualmente. Desta forma, há uma enorme dificuldade para o professor ensinar estes conceitos e para o aluno abstrair, das representações abstratas, a essência destes. As equações passam a ser consideradas apenas fórmulas matemáticas a serem decoradas e desprovidas de uma associação real com os fenômenos naturais conhecidos no cotidiano do aluno.

Na maioria dos casos, tanto professores como livros didáticos se limitam a simplificar os conceitos estudados, mostrando-os através de gráficos bi-dimensionais os efeitos de alguma variável.

A possibilidade de se criar, com ferramentas gratuitas, simulações em três - dimensões (3D) como uma forma de visualização realista de fenômenos naturais a serem ensinados, mostram-se como uma possível alternativa para o processo de aprendizagem.

Uma ferramenta gratuita desenvolvida por Bruce Sherwood da North Caroline State University e utilizada em seu livro *Matter & Interations* [1], é o VPython [2]. Essa biblioteca permite a criação de simulação em 3D de uma maneira muito mais simples do que as ferramentas de programação usuais (OpenGL® ou DirectX®, por exemplo). Esta ferramenta, assim como os livros acima citados, está sendo utilizada em diversos colégios (equivalentes aos do ensino médio brasileiro) e universidades norte-americanas para o ensino de ciências. Outra biblioteca gratuita para uso não comercial é a Genesis FX [3] baseada no Java 3D. Essas duas ferramentas serão as mais utilizadas no presente artigo.

No decorrer do artigo, discutiremos as possibilidades de simulação em 3D para auxiliar o aprendizado em ciências, com especial ênfase nas ciências exatas e tecnológicas, assim como no uso do que denotamos por modelagem tradicional através do VPython e modelagem por sistemas de partículas através do Java 3D. Esses recursos podem se mostrar úteis tanto para o aprendizado dos conceitos desejados através da simulação visual, como para se criar um ambiente interessante para o estudante interagir.

O ensino a distância através da web [4] é uma área em que acreditamos poder utilizar de forma bastante efetiva os conceitos discutidos neste artigo, pois oferece inúmeras oportunidade para professores e alunos.

Interatividade em ambientes virtuais

Em [5], A. Glassner discute o que ele denotou por “*mito da interatividade*”. Em linhas gerais, o argumento apresentado é que nos últimos anos se elevou o conceito de interatividade como uma espécie de Santo Graal, porém, mesmo com a maior interatividade possível, se o ambiente, onde o usuário estiver interagindo, não for interessante, a imersão irá fracassar. O autor nos fornece diversos exemplos de produtos que, mesmo possuindo boa interatividade, fracassaram por não despertarem o interesse do usuário em explorá-los.

Discussão semelhante pode ser realizada no contexto da educação, onde diversos softwares criados para este fim acabam apenas por reproduzir o paradigma do conceito transmitido para uma audiência passiva.

No caso de usar recursos de multimídia no aprendizado, temos que pensar não apenas na interatividade do aluno com o ambiente, mas o mais importante é que ele sinta prazer, interesse e curiosidade em explorar o ambiente oferecido. Caso isto ocorra, ele irá realmente querer interagir com o ambiente, e, neste aspecto, a questão de recursos interativos é extremamente importante.

Desta forma, assim como em [5], podemos almejar, ao invés de um ambiente interativo, a construção de um ambiente participativo.

Em especial, o uso de sistemas de partículas para simular a dinâmica de fenômenos naturais possui um atrativo muito grande, pois, além de propiciar a visualização realista destes fenômenos, podem ainda ser utilizados para se criar efeitos especiais que tornarão o ambiente virtual mais interessante ao usuário (figura 1).

Figura 1. Efeitos de luzes

Um exemplo simples da possibilidade de interatividade do aluno com o sistema de partículas pode ser visto na figura 2:

Figura 2. Simulação interativa de chamas

Um programa semelhante ao da figura 2 pode ser utilizado para o aprendizado dos alunos para lidar com fogo. Dependendo da origem do fogo, o aluno terá opção de usar diferentes meios para controlá-lo e, dependendo da escolha, as chamas podem aumentar ou apagar. O mesmo exemplo pode ser utilizado para explorar o processo de combustão na presença de oxigênio no ambiente aumentando ou diminuindo o nível de oxigênio. O aspecto importante neste exemplo é que o usuário terá uma resposta visual imediata a sua ação, podendo assim explorar diversas alternativas para solucionar o problema.

Diversos pesquisadores estão elaborando estudos teóricos e práticos sobre o uso dos chamados jogos sérios [6,7] no aprendizado. Desta forma, diversas tecnologias utilizadas na criação de jogos podem ser utilizadas de forma eficiente no ensino. Neste aspecto, os sistemas de partículas, presentes em vários motores de jogos para criação de efeitos especiais, surgem como uma ferramenta poderosa na demonstração de conceitos científicos a serem ensinados.

De forma semelhante, estudos teóricos e práticos sobre a imersão do usuário em ambientes virtuais interativos é tema de constante pesquisa nas últimas décadas [9-12] e nos fornece valiosas informações que podem ser utilizadas na criação de ferramentas para o aprendizado. Nestes estudos mostrou-se que o acréscimo de realismo visual aumentou significativamente a imersão do usuário com o ambiente.

Em um ambiente participativo [13], podemos ter vários níveis de imersão possíveis. Estes níveis representam o quão profundo é o elo do usuário com o ambiente em que esta interagindo. Vários aspectos teóricos utilizados no estudo da psicologia [14] e literatura [15] podem ser usados para garantir uma melhor participação do aluno no ambiente. De uma forma geral, podemos definir estes níveis de imersão de forma semelhante ao envolvimento de uma audiência com o meio (teatro, literatura, cinema, jogos, etc.):

- 1) *Curiosidade*. Este é o nível mais fraco de conexão. O usuário não irá despendar muito esforço para interagir com o ambiente. Durante o processo de aprendizagem, ele pode achar algo que desperte o seu interesse imediato, porém não permanecerá no ambiente se o esforço na interação for muito elevado.
- 2) *Identificação*. Representa um nível intermediário, onde o usuário identifica elementos do ambiente virtual que lhe interessa, e está disposto a explorá-lo um pouco. Entretanto, sem estímulos constantes, abandonará o ambiente rapidamente.
- 3) *Transportação*. Representa um nível forte de imersão, onde o usuário está em um estado de imersão com o ambiente. Neste estágio, não são necessário estímulos constantes, pois o usuário já sente prazer em explorar e conhecer o ambiente virtual.

Na classificação acima dos níveis de imersão, podemos constatar que tudo depende do equilíbrio entre esforço despendido no ambiente virtual contra o prazer proporcionado nele. Se o usuário ou aluno sentir que o esforço é superior à recompensa, ele abandonará o ambiente. Neste aspecto, um fator importante para garantir uma participação do aluno está relacionado com os desafios que ele enfrentará no ambiente virtual. Em termos de aprendizado, podemos entender estes desafios como os problemas apresentados ao aluno através do ambiente virtual.

Na elaboração destes problemas, devemos considerar qual o nível de esforço que o aluno terá que realizar para solucioná-los, pois problemas muito difíceis ou triviais o desestimularão. Disto, temos que analisar com muito cuidado o conteúdo a ser ensinado e como utilizar o ambiente virtual para estimular o aluno a explorar este conceito.

Esses desafios estarão ligados à solução do problema e podem ser, por exemplo, de natureza mental (realizar algum cálculo), física (conectar peças, etc.), criativa ou memória.

O sucesso ou não do uso de um ambiente virtual para aprendizado ou mesmo entretenimento está sempre ligado às expectativas do usuário. Devemos lembrar que a expectativa está associada com as experiências do passado, interpretação do presente e imaginação no futuro. Disto, temos que a forma de apresentação do conteúdo a ser ensinado é fundamental. Nesse aspecto, surge o realismo visual como uma possível forma de auxílio a imersão do aluno.

Realismo Visual e Pistas Visuais

Estudos sobre a interação homem e ambiente virtual, assim como suas consequências sociais já vêm sendo realizados há alguns anos [16].

Em um ambiente virtual, o usuário pode adaptar-se a ele de forma inconsciente, voluntária ou forçada. O último caso nunca é o desejado em um processo de aprendizagem, pois acaba gerando a situação em que o aluno se vê obrigado a estar no ambiente virtual por motivo semelhante ao que se vê obrigado a estudar: apenas para ser aprovado em algum exame.

A criação do ambiente virtual para o aprendizado deve levar o aluno a passar do nível de imersão curiosidade para transportação de forma inconsciente, e através de técnicas interativas associadas com ambientes interessantes, fazer com que o aluno voluntariamente deseje explorar e participar do ambiente virtual. Nesse aspecto, dois conceitos são extremamente importantes: *realismo visual* e *pistas visuais*.

Diversos fatores contribuem para se criar realismo visual na cena como, por exemplo, iluminação e sombras. Esse realismo pode estar associado a objetos estáticos ou a objetos dinâmicos. É importante salientarmos a diferença entre os dois, pois podemos criar uma figura humana (avatar) estática extremamente realista que, ao ser movimentada provoca a perda do realismo da cena.

Neste sentido, devemos equacionar o problema do realismo visual com a questão do tempo necessário para a simulação. Uma tática é seguir a abordagem empregada nos videogames atuais, onde o objeto simulado é representado de forma a não gerar dúvidas no usuário sobre o fenômeno com o qual está lidando, mesmo que a simulação numérica do fenômeno em si não seja realista. Disto, temos que, em alguns casos, o realismo visual torna-se mais importante do que o realismo físico e matemático do modelo simulado.

Desta forma, mesmo que estilisticamente simulado, a percepção do usuário assegura a representação realista do objeto representado. Isso é importante para o caso de líquidos, que são muito difíceis de serem simulados e exigem muito tempo de computação. A figura abaixo mostra um exemplo deste caso:

Figura 4. Simulação estilizada da água.

Ao utilizar as técnicas advindas da modelagem por um sistema de partículas, optamos por um formato dinâmico e integrado que pode ser visualizado e interpretado, sem a introdução de incertezas sobre os objetos representados.

Isso é de extrema importância, pois a percepção e a cognição do usuário são estimuladas através da simulação visual de um objeto que ele reconhece em seu mundo exterior. Desta forma, a imersão no ambiente virtual se torna mais profunda, uma vez que o usuário passa a reconhecer elementos de seu cotidiano representados de forma adequada [10].

Um aspecto importante no recurso de simulação visual é que em diversas situações, o estímulo visual é a fonte mais importante de informação. Como exemplo, podemos citar a presença do vento em uma cena, mostrando a ação do vento na fumaça (figura 4). Esse tipo de informação não estaria disponível sem o uso deste recurso visual. A quantidade de informações proporcionada por partículas é muito grande e, se bem aproveitada, é um recurso valioso em aplicações realistas em ambientes virtuais. Essas diversas “pistas” visuais tornam o ambiente virtual mais próximo da realidade vivenciada pelo aluno facilitando sua imersão [9, 17].

Figura 4. Ação do vento na fumaça

Esse tipo de recurso pode ser utilizado para que o aluno ao alterar a força do vento ou a composição do gás, perceba a atuação da força de atrito neste gás. Isto possibilitará que ele visualize um conceito que é muito difícil de ser transmitido visualmente por meios tradicionais.

Disto, temos que o uso de realismo visual e pistas visuais pode ser de grande benefício no aprendizado através de ambiente virtuais, desde que sejam utilizados de forma a permitirem a visualização dos conceitos a serem ensinados. Naturalmente, cabe ao educador analisar até que ponto estes recursos devem ser utilizados de tal forma que não distraiam o aluno da finalidade do ambiente, i.e., ensinar um conceito.

Modelagem e Conteúdo

Em ciência, existe uma infinidade de conceitos que necessitam ser ensinados, sendo que alguns deles podem ser simulados de forma tradicional, enquanto outros são mais bem visualizados através de sistemas de partículas.

Vamos tomar como exemplo a simulação da cinética de um gás. Esse é um tópico importante para praticamente todas as ciências exatas e tecnológicas, assim como para medicina (estudo do sistema respiratório, por exemplo).

A equação de estado para um gás ideal [18] pode ser definida pelo volume, pressão e temperatura através da relação:

$$PV = nRT \quad (1)$$

No caso de um gás real, podemos utilizar a relação de Van der Waals:

$$\left(P + \frac{a}{\rho^2}\right)(\rho - b) = RT \quad (2)$$

onde n representa o número de moles, R a constante universal dos gases com valor $R = 8,314 \text{ J/mol.K}$, ρ a densidade de massa e a e b constantes com valores específicos para cada gás, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1. Valores das constantes a e b em relação a um dado gás

Gás	a (J.m3 Kilomole-2)	b (m3 Kilomole-1)
He	3.44 x 103	0.0234
H2	24.8	0.266
O2	138	0.318
CO2	366	0.429
H2O	580	0.319

A teoria cinética dos gases nos fornece, entre outras coisas, a velocidade média das moléculas de gás que é expressa da forma:

$$v_m = \frac{d\vec{x}}{dt} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (3)$$

com M representando a massa molar. Podemos com mais precisão utilizar a distribuição de Maxwell-Boltzmann para determinar a distribuição de velocidade das moléculas de gás

$$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-mv^2/kT} \quad (4)$$

com k representando a constante de Boltzmann ($k = 1.381 \times 10^{-23}$ J/K).

Tendo em mãos as velocidades das moléculas e, portanto, a equação de movimento das mesmas, podemos simular visualmente o comportamento de um gás (incluindo também as interações entre as moléculas, colisões).

Em uma simulação, que estamos denotando por tradicional, teríamos:

Figura 5. Simulação de um gás com o VPython.

O tipo de simulação representado pela figura 5 é excelente para visualizar o movimento individual de cada molécula em um nível microscópico, porém é uma abstração muito grande em relação a um gás real conhecido pelo estudante. Entretanto, utilizando um sistema de partículas, podemos simular visualmente de forma realista um gás expandindo como mostra a figura 6.

Figura 5. Simulação com Java3D da expansão de um gás em 1s, 5s e 10s.

Nesse caso, o aluno poderá alterar os parâmetros da eq. (1) ou (2) e verificar como as grandezas físicas alteram o comportamento do gás.

Em alguns casos, temos conceitos que são melhores modelados usando técnicas tradicionais. Entre diversos exemplos, podemos destacar os exemplos apresentados na figura 7.

Figura 7. Simulação com o VPython de um cristal e de um bloco deslizando.

Entretanto, mesmo que algumas vezes seja possível simular o conceito ensinado através das técnicas de modelagem tradicionais, para o estudante será muito mais interessante se a simulação possuir atrativos envolvendo simulação não tradicional. Os exemplos da figura 8 mostram o conceito de lançamento de projéteis.

Figura 8. Lançamento de projétil com modelagem tradicional e através de um tanque.

De uma forma geral, podemos identificar os conceitos que tratam do movimento de objetos sólidos e de superfície bem definida como os melhores para serem simulados através de técnicas de modelagem 3D tradicionais. Objetos complexos e dinâmicos (líquidos, gases, explosões, etc.) são melhores modelados através de sistemas de partículas. A maioria dos fenômenos naturais complexos como nuvens, fumaças, tempestades, lava, fogo, etc. só podem ser simulados com partículas para obtenção de realismo visual.

Conclusão

Neste artigo, estudamos a possibilidade do uso de simulações em 3D como forma de auxiliar no aprendizado de ciências. Em alguns casos, percebemos que o uso de técnicas advindas da modelagem tradicional é suficiente para que o aluno visualize os conceitos ensinados, mas em outros casos é necessário o uso de modelagem por simulação de partículas.

As simulações por sistemas de partículas possibilitam, além da visualização de fenômenos naturais complexos, a criação de efeitos especiais que tornarão o ambiente virtual mais interessante para ser explorado. Uma preocupação imediata no uso de ferramentas tecnológicas para o aprendizado é fugir do paradigma tradicional onde há um transmissor de conhecimento e um público passivo como receptor. Nesse aspecto, o uso de técnicas de visualização realistas, aliado a técnicas de interatividade,

propiciam uma possibilidade de maior imersão do aluno no ambiente virtual. Disto, temos que o aluno se sente como parte do ambiente e não apenas como um espectador.

A proposta básica deste artigo foi, portanto, estudar o uso de tecnologia 3D para a criação de ambientes participativos onde o aluno realmente adquira interesse em explorar o ambiente e não utilizá-lo como obrigação. Assim, os conceitos apresentados no decorrer do artigo podem se mostrar adequados.

O uso desta tecnologia para o ensino a distância e presencial pode ser considerado como uma alternativa aos meios tradicionais de aprendizagem, abrindo para os educadores uma gama enorme de possibilidade.

As hipóteses teóricas aqui apresentadas representam a base de um trabalho em desenvolvimento. Futuros testes práticos sobre o uso destas hipóteses na criação de programas para aprendizagem atestarão se elas possuem relevância significativa ou não no processo de aprendizagem. As informações obtidas em trabalhos práticos na área de psicologia [9] e entretenimento, em especial jogos, mostram que o uso de realismo visual aumenta significativamente a imersão do usuário com o ambiente.

As animações associadas às imagens apresentadas no artigo podem ser vistas nas áreas de ensino e simulação visual no endereço www.vmancer.com.br.

Referências

- [1] Sherwood, B e Chabay, R., Matter & Interactions vol. 1 e 2, John Wiley & Sons, 2007
- [2] VPython, www.vpython.org
- [3] GenesisFX, www.indietechnologies.com
- [4] Esnault, L. (ed.), Web-Based Education and Pedagogical Technologies, IGI Publishing, 2008
- [5] Glassner, A., Interactive Storytelling: techniques for 21st Century Fiction, A. K. Peters, LTD, 2004
- [6] Michael, D e Chen, S., Serious Games, Thomson Course Technology PTR, 2006
- [7] Kankaanranta, M., e Neittaanmäli, P. (eds), Design and Use of Serious Games, Springer, 2009
- [9] Christou, C e Parker A., Visual realism and virtual reality: a psychological perspective: elements of perception Pages: 53 – 84, 1995, Taylor & Francis, Inc. Bristol, PA, USA .
- [10] Gaggioli, A. e Breining, R., Perception and cognition in immersive Virtual Reality, Communications Through Virtual Technology: Identity Community and Technology in the Internet Age, Edited by G. Riva and F. Davide, IOS Press, 2001
- [11] Kirner, C.; Kirner, Tereza G.; Zorzal, E. R.: Collaborative Augmented Reality Environment for Educational Applications. In: Ninth International Conference on Enterprise Information Systems, 2007, Funchal. Proceedings of the 9th International Conference on Enterprise Information Systems. Lisboa : INSTICC, 2007. v. HCI. p. 257-262.
- [12] Kirner, C. ; Zorzal, E. R. ; Kirner, Tereza G.: Case Studies on the Development of Games using augmented Reality. In: 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2006, Taipei. Proceedings of 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2006. v. 1. p. 14-19.
- [13] Crawford, C., The Art of Interactive Design, No Starch Press, 2002
- [14] Maslow, A e Lowry, R., Towards Psychology of Being, John Wiley & Sons, 1998
- [15] Howard, D. e Mabbley, E., The tools of screenwriting, St. Martin's Press, 1995
- [16], Heim, M., Virtual Realism, Oxford Uni. Press, 1998, The Methaphysics of Virtual Reality, Oxford Uni. Press, 1993
- [17] Thompson WB, Shirley P, Smits B, Kersten DJ e Madison C., Visual Glue. University of Utah Technical Report UUCS-98-007, 1998
- [18] Tipler, P. A., Física para cientistas e engenheiros, LTC, 2006.