

---

## Uma Aplicação de Realidade Virtual não Imersiva no Ensino de Astronomia

J.A.S. de Campos<sup>1</sup>, Fábio Ferrentini Sampaio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Ladeira Pedro Antonio, 43 – Rio de Janeiro, RJ – 2263-0685

<sup>2</sup>Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Cidade Universitária – Rio de Janeiro, RJ – 2598-3117

[adolfo@ov.ufrj.br](mailto:adolfo@ov.ufrj.br), [ffs@nce.ufrj.br](mailto:ffs@nce.ufrj.br)

**Resumo.** *O trabalho é um estudo exploratório realizado com alunos de graduação, de disciplina introdutória de Astronomia, com o objetivo de verificar se o emprego de Realidade Virtual não Imersiva facilita a compreensão de conhecimentos e fenômenos astronômicos. O estudo dividiu os alunos em duas turmas de doze alunos. Na turma experimental, os alunos construíram quatro modelos 3D de fenômenos astronômicos e na turma de controle, os mesmos fenômenos e conhecimentos foram ministrados aos alunos de forma expositiva. As conclusões do estudo parecem indicar que: a) o uso de modelagem 3D propiciou um melhor desempenho dos estudantes, indicando uma melhor compreensão dos fenômenos e conceitos da Astronomia; b) o uso da Realidade Virtual 3D levou a um aumento da motivação e da cooperação entre os estudantes.*

**Abstract.** *Exploratory research with students who were enrolled in an introductory undergraduate astronomy course, to see if the use of Virtual Reality in classroom make ease to understand astronomical phenomenon's and concepts. The research made use of "quasi-experiment" design, dividing the students in two groups of twelve students. In the experimental group, the students built four 3D models of astronomical phenomenon's and in the control group, the same phenomenons and concepts were given to the students using the traditional lecture-based instruction. At end, the conclusions of this research were: a) the use of 3D modeling gives to the student a better understanding of the astronomical concepts and phenomenons; b) the use of the 3D Virtual Reality in the classroom increases the student's motivation and cooperation between them.*

---

# Uma Aplicação de Realidade Virtual não Imersiva no Ensino de Astronomia

## 1. Introdução

As pesquisas têm mostrado que os estudantes têm grande dificuldade de compreender conceitos científicos complexos, que necessitam da visualização de fenômenos abstratos [Hansen et al. 2002]. Isto pode ser constatado quando um dos autores (JASC) passou a dar aulas numa disciplina introdutória de Astronomia para alunos calouros de graduação, onde as maiores dificuldades encontradas pelos que estão iniciando seus estudos em Astronomia são a visualização de conceitos na superfície de uma esfera e a visualização espacial de fenômenos astronômicos e sua evolução no tempo. Na Astronomia Esférica trabalha-se com os conceitos fundamentais de sistemas de coordenadas esféricas, que indicam as posições e os movimentos dos astros na superfície de uma esfera de raio unitário, chamada de Esfera Celeste. É fundamental o correto entendimento da noção de Esfera Celeste, que por sua vez depende da sua visualização espacial. Entretanto, a representação de processos tridimensionais é feita através de figuras bidimensionais estáticas, tornando difícil a sua visualização e a conseqüente compreensão dos processos descritos. Além disso, existe uma série de fenômenos astronômicos, abordados ao longo do curso, que precisam de uma visualização espacial para melhor compreensão de todos os seus aspectos, tais como as noções de Dia e Noite, duração da noite em diversas latitudes, Estações do Ano, Fases da Lua e Eclipses do Sol e da Lua.

A Modelagem, uma atividade fundamental na área de ciências, pode ser entendida como o estabelecimento de relações de significado entre a teoria e os fenômenos ou objetos. O uso de modelos físicos e matemáticos, da análise quantitativa e da experimentação, são fatores importantes no processo educacional. No ensino é preciso estabelecer uma ponte entre os modelos conceituais apresentados em sala de aula pelo professor e a representação interna que os estudantes fazem destes modelos, através de estratégias de ensino-aprendizagem que permitam ao estudante construir um modelo mental adequado, isto é, correto e funcional, de modo não só a explicar eventos ocorridos, como também a prever novas situações. Uma solução parcial deste problema parece estar na modelagem, aprendida de maneira implícita pelos alunos. Segundo Greca e Moreira (1998), o processo de modelagem deveria ser enfatizado explicitamente pelos professores para facilitar a formação de modelos mentais e a compreensão dos modelos conceituais apresentados. Como os modelos mentais são construções pessoais, uma aprendizagem mais eficiente em Ciências poderia estar associada ao ensino de processos que contribuíssem na construção destas representações.

Uma alternativa para construir modelos que simulem situações mais próximas da realidade seria o uso da modelagem em 3D, com o emprego de programas de realidade virtual (RV) para a criação de mundos virtuais com finalidade educacional [Pinho 1996]. O uso da Realidade Virtual e, em especial, da linguagem VRML, tem um potencial enorme para fins educacionais [Pinho 1996, Vernieri 2003]. Dentre as várias razões para o emprego da RV na educação e, mais especificamente, na educação em ciências, podemos citar:

- a) a RV imita o modo como os humanos aprenderam a interagir com o mundo físico, diminuindo a necessidade de aprendizagem de conceitos abstratos [Byrne 1993]. Particularmente, na RV imersiva, os processos psicológicos que se tornam ativos

- 
- são muito semelhantes aos processos que operam quando as pessoas constroem conhecimento através da interação com objetos e eventos no mundo real [Winn 1993];
- b) A RV é uma forma de interagir com a informação através de uma experiência de 1ª pessoa, podendo explorar o dado como se ele existisse de fato [Pinho 1996]. O uso da RV permite a construção do conhecimento através de experiências na 1ª pessoa, que é a base para o Construtivismo [Winn 1993]. As escolas e a educação formal tendem a promover experiências da 3ª pessoa;
  - c) O uso da RV gera uma maior motivação dos estudantes; permite análises do evento ou situação sob perspectivas e distâncias variadas, tendo um poder de ilustração para alguns processos muito maior do que outras mídias; estimula a participação ativa do estudante porque permite que haja interação com o evento ou objeto em estudo e permite a realização de experiências que seriam impossíveis de realizar [Pantelides 1995 apud Pinho 1996];

A Realidade Virtual é um sistema onde o computador armazena um modelo do Ambiente Virtual (AV) e o usuário interage com este ambiente. O Ambiente Virtual é uma representação da realidade e contém informações sobre as formas, cores, dimensões, dos objetos e também sobre os seus comportamentos.

A interação com o ambiente virtual pode ocorrer sob a forma imersiva, quando as imagens são exibidas de tal forma que o usuário acredita que está imerso no ambiente, ou não-imersiva, quando as imagens são exibidas na tela do computador. Apesar do grande avanço da tecnologia de informação, a forma imersiva ainda está fora do alcance da grande maioria dos potenciais usuários devido à necessidade de equipamentos mais complexos e caros. A grande diferença entre o uso da Realidade Virtual não-imersiva e o uso de gráficos animados é a possibilidade de interação com o modelo, dando liberdade aos estudantes para, por si só, investigarem todos os aspectos espaciais e/ou temporais associados ao fenômeno, enquanto nos gráficos animados o caminho escolhido é o previamente indicado pelo professor.

As experiências com o uso da tecnologia de RV para a educação são recentes e estão procurando responder *como* melhor utilizar esta metodologia para aumentar a eficiência da aprendizagem.

Schroeder et al. (1997) afirma que: a) as tecnologias de RV são instrumentos adicionais que serão úteis aos professores, se houver uma ligação entre a experiência no mundo real e o mundo/objeto virtual; b) a construção de objetos é uma parte importante no processo de aprendizagem e ajuda a motivar os estudantes; e c) a interpretação do mundo/objeto 3D é importante na ligação entre a realidade e a realidade digital.

No artigo "Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building", de Barab et al. (2000), os autores descrevem o uso de ferramentas de modelagem 3D por estudantes de graduação de um curso introdutório de Astronomia, para construir modelos do Sistema Solar. A modelagem dos fenômenos usava um software editor de linguagem VRML, que era suficientemente simples e podia "rodar" em computadores tipo PC. No projeto, os alunos construíam modelos de ambientes virtuais em 3D dos fenômenos usando o editor de VRML, numa linha de ação seguindo o construcionismo proposto por Papert (1991 apud Barab et al. 2000). Os autores alertam para a necessidade de fazer mais pesquisas para estabelecer uma base empírica para o desenho destes cursos, examinando-se o aprendizado que está ocorrendo.

---

O artigo de Barnett et al. (2000) avalia o crescimento da compreensão conceitual dos estudantes da Universidade de Indiana sobre estações do ano, eclipses e fases da Lua, após a realização do curso de Introdução à Astronomia, baseado na modelagem 3D. Os resultados mostraram que houve um crescimento significativo da compreensão no tocante a fases e eclipses da Lua e as razões para as estações.

Elliot (2000) realizou uma avaliação de desempenho entre três grupos de estudantes de graduação da Universidade da Geórgia, que cursaram a disciplina de Introdução à Astronomia. Os resultados indicaram que os estudantes que fizeram o curso de modelagem 3D tiveram melhor desempenho, seguido dos estudantes que cursaram o laboratório e depois pelos alunos do curso de palestras.

Barney, MaKinster & Hansen (2001) afirmam que o uso de software de modelagem 3D em classes de ensino fundamental fornece oportunidades aos estudantes para se envolverem com a investigação científica. Lembrem, no entanto, que a tecnologia e a visualização mental dos conceitos pode ser um grande desafio para estudantes desta faixa de idade.

Hansen et al. (2002) fizeram um estudo com uma comparação entre a compreensão dos conhecimentos espacial e declarativo com estudantes que construíram modelos computacionais 3D e os que experimentaram instrução baseada em palestras. A análise dos resultados revelou que a construção de modelos 3D permite uma melhor compreensão de conceitos astronômicos espacialmente relacionados. As técnicas de instrução tradicionais facilitam a melhor compreensão de conhecimentos astronômicos orientados para fatos.

O objetivo deste trabalho é verificar se o emprego de modelos virtuais de fenômenos astronômicos facilitaria a sua compreensão uma vez que, além de permitir a visualização a partir de pontos de vista espaciais impossíveis de serem vividos ou dificilmente reproduzidos em figuras bidimensionais, também permite o acompanhamento temporal e as conseqüências dele advindas. Entendemos que a aplicação da modelagem virtual não-imersiva poderia representar um passo adiante para facilitar a compreensão de fenômenos astronômicos de difícil visualização, substituindo o uso dos métodos tradicionais de ensino. O método de modelagem de ambientes virtuais em 3D foi empregado com alunos da turma da disciplina de Astronomia I, do curso de graduação em Astronomia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, no segundo semestre de 2003.

## **2. Metodologia**

Participaram do experimento os 24 alunos da disciplina, divididos em duas turmas de 12 alunos cada. Metade acompanhou o curso dado de maneira tradicional, isto é, com aulas expositivas para explicar o material apresentado – turma de controle (TC). A outra metade trabalhou sobre os mesmos temas, usando o editor de VRML para criar ambientes virtuais em 3D, distribuídos em 4 projetos – turma experimental (TE). A escolha dos alunos que participaram da turma experimental foi feita por disponibilidade de horário e desejo expresso de participar da experiência. Somente doze alunos preencheram estes critérios. As aulas foram conduzidas pelo mesmo professor (JASC) nas duas turmas e ocorreram paralelamente nos dois cursos.

Os alunos da TC tiveram 12 aulas com 2 horas de duração cada, enquanto que os alunos da TE, divididos em 6 grupos de dois, tiveram 30 horas (15 tempos de 2 horas) no Laboratório de Informática de Graduação do Observatório do Valongo, para realiza-

---

rem os projetos pedidos. A formação das duplas dentro da turma experimental foi feita por afinidade entre os alunos na sua quase totalidade, sem a interferência dos autores na definição dos mesmos.

O curso de modelagem na TE foi dividido em 5 módulos, cada módulo tendo nível de complexidade de emprego de recursos de realidade virtual maior do que o do anterior. O primeiro módulo abordou *Conceitos Gerais* sobre a linguagem VRML e fez a apresentação das principais funções do programa VR Creator 2.03 Learning Edition, através de tutoriais descritos no manual do usuário do programa. No segundo módulo, a idéia foi de que os alunos representassem a *Terra Estática*, identificando os pontos fundamentais da Esfera Celeste e a terminologia dos Sistemas de Coordenadas Horizontal, Equatorial Celeste e Eclíptico, e as conseqüências da variação da posição do observador sobre a superfície terrestre. No terceiro módulo, foi pedida a representação do *Movimento de Rotação da Terra em torno do seu eixo* e os fenômenos decorrentes: Dia e Noite, Movimento Diurno dos Astros e Trajetórias aparentes. No quarto módulo, foi pedida a representação do *Movimento de Translação da Terra em torno do Sol* e os fenômenos decorrentes: Solstícios e Equinócios e Estações do Ano. Finalmente, no quinto módulo foi pedida a representação de fenômenos decorrentes da *Visão Geocêntrica dos movimentos aparentes do Sol, da Lua e dos Planetas*: Configurações Planetárias, Eclipses Solares e Lunares e Fases da Lua.

Cada módulo, com exceção do primeiro, gerou um projeto que tinha que ser executado pela dupla de alunos. O método empregado na apresentação de cada novo projeto consistia da apresentação o objetivo do projeto pelo professor, que fazia uma breve exposição, de cerca de 15 minutos, sobre os tópicos pertinentes ao projeto pedido, indicando como texto guia sobre os tópicos a apostila da disciplina, ressaltando que os alunos podiam e deviam procurar informações complementares na internet. Durante o tempo da aula, o professor acompanhava e respondia às questões levantadas sobre os tópicos e o programa editor de VRML. O professor teve o cuidado de não apresentar uma solução para o projeto, deixando a cargo dos alunos imaginar possíveis soluções, apenas orientando-os sobre possíveis problemas. Ao final do curso todos os projetos foram apresentados pelos alunos que foram submetidos a perguntas cujas respostas poderiam ser solucionadas através do modelo apresentado.

Para a coleta de dados foram empregadas duas entrevistas semi-estruturadas, um teste escrito com respostas em aberto e observações sobre o comportamento dos alunos da turma experimental, feitas pelo professor, quando da realização dos experimentos em sala de aula.

Para avaliar o nível inicial de conhecimentos de todos os alunos sobre assuntos que seriam abordados no curso, foi feita uma entrevista inicial semi-estruturada, toda filmada em vídeo para facilitar a análise posterior do conteúdo das respostas. As entrevistas foram feitas sem a presença de outras pessoas a não ser a do aluno e a de um dos autores, numa sala de aula isolada. A entrevista foi dividida em três partes: a primeira, com informações sobre as intenções da entrevista, seguidas de perguntas de caráter geral e, finalmente, perguntas sobre tópicos da matéria seguindo um roteiro pré-estabelecido. Dependendo das respostas, poderiam ser feitas novas perguntas, expandindo o assunto. Por problemas técnicos e de disponibilidade de tempo pelos alunos, alguns dos alunos da turma de controle não tiveram suas entrevistas gravadas. Uma in-

---

dicação de nível de compreensão foi obtida através do sistema de categorização de respostas [Simpson e Marek 1988].

Imediatamente após a realização dos cursos, foi feita uma nova entrevista semi-estruturada com todos os alunos dos dois cursos, procurando esclarecer respostas dadas no teste. As entrevistas foram gravadas em vídeo. Para auxiliar na construção de um sistema de categorização das respostas dadas pelos alunos nas entrevistas e na construção de um gabarito para o teste, foram feitos mapas conceituais [Novak 1990], usando o programa CMap Tool versão 2.7, abordando cada um dos grandes tópicos.

O teste escrito foi usado para a avaliação dos conhecimentos após o curso e forneceu uma nota decimal que foi transformada em conceito através da distribuição normal das notas da turma. Foi feita uma análise detalhada das respostas dos alunos na busca de sintetizá-las em grupos de conceitos, utilizando-se a técnica de redes sistêmicas [Bliss e Ogborn 1990, de Campos et al. 2003].

### 3. Discussão e Resultados

Para a análise do desempenho dos alunos no teste escrito com respostas em aberto foi construído um gabarito. Na tabela 1, pode-se ver a comparação do desempenho no teste das duas turmas, onde os números representam a quantidade de alunos que obtiveram um dado conceito, obtido a partir da distribuição normal dos graus numéricos. Apesar do pequeno número de alunos em cada turma, a tabela parece indicar que os alunos da TE se saíram melhor no teste como um todo.

Na elaboração do teste, procurou-se encontrar um equilíbrio de temas, de modo que as questões específicas não favorecessem uma abordagem em detrimento da outra. O teste constou de 10 questões. Existem três questões com características neutras, isto é, que não favorecem a qualquer abordagem e que valem 4 pontos. Os outros dois grupos estão equilibrados quanto ao número de pontos – 3 para cada.

**Tabela 1 – Número de Alunos por Conceito**

Conceito	Turma Experimental	Turma de Controle
E	3	2
D	2	5
C	2	3
B	4	2
A	1	0

Pela tabela 2, verifica-se que os alunos da turma experimental tiveram um melhor desempenho em todas as questões cuja tendência lhes era favorável - questões 4a, 4b, 4c e 4d. Eles também tiveram um melhor desempenho nas questões em que a tendência era para um melhor desempenho dos alunos da turma de controle - questões 1b, 2b e 2c. O desempenho dos alunos da turma experimental continua sendo melhor nas questões com tendência neutra (questões 1a e 2a), e apenas na questão 3 têm desempenho semelhante.

Apesar dos números serem pequenos para uma generalização, parece existir uma tendência de melhor desempenho no teste dos alunos que fizeram o curso usando a metodologia de modelização 3D no computador.

A extração de informações quantitativas válidas e confiáveis a partir de instrumentos de coleta de dados sempre representa um desafio, tanto maior quanto maior for a liberdade admitida nas respostas [Cohen et al. 2000]. A escolha de entrevistas semi-estruturadas permite uma melhor exploração dos tópicos em busca de concepções alternativas dos alunos; contudo, aumenta a complexidade na codificação das respostas e a possibilidade de introdução de tendências por parte do entrevistador.

**Tabela 2 – Comparação entre a Tendência e o Desempenho encontrado, por Questão**

Questão	Tendência da Questão	Desempenho Encontrado
1a	Neutra	TE ligeiramente melhor em função das respostas múltiplas
1b	TC	TE melhor em todas as opções de resposta
2a	Neutra	TE melhor em todas as opções de resposta
2b	TC	TE melhor nas opções principais. TC melhor apenas numa opção secundária
2c	TC	TE ligeiramente melhor
3	Neutra	Neutro. Duas opções em que TE é melhor e duas em que TC é melhor
4a	TE	TE melhor em todas as opções de resposta
4b	TE	TE melhor em todas as opções de resposta
4c	TE	TE melhor em todas as opções de resposta
4d	TE	TE melhor desempenho em cinco das opções de resposta, TC melhor em três opções e em uma houve igualdade.

Simpson e Marek (1988) desenvolveram uma codificação para análise das respostas, baseada na sua distribuição em cinco categorias: Compreensão Completa (CC) do tópico, Compreensão Parcial (CP), Compreensão Parcial com mau entendimento (COM), Completa Falta de Compreensão (CFC), Sem Resposta (SR). A partir dos critérios gerais de categorização de Simpson & Marek (1988), foram desenvolvidos critérios específicos (de Campos, 2004), para cada tópico abordado na entrevista inicial: Identificação de Astros, o Dia e a Noite, Movimento Anual da Terra em torno do Sol, Estações do Ano e suas Causas, Circunstâncias dos Eclipses do Sol e da Lua e Movimentos e Influências da Lua.

Para melhor definir o nível inicial de conhecimentos das duas turmas, construiu-se uma tabela (tabela 3), na qual os alunos de cada turma foram divididos em duas classes: a dos que tinham uma base de conhecimentos razoável sobre o tópico, compreendendo as categorias CC e CP; e a dos que apresentavam desconhecimento sobre o tópico, compreendendo as categorias COM, CFC e SR. Os números de alunos distribuídos nas duas classes foram convertidos em percentagens do total da turma, para que se pudesse fazer uma comparação entre as turmas, uma vez que nem todos os alunos da turma de controle fizeram a entrevista inicial. Esta incerteza está representada pelos valores de percentagem maior (se os ausentes estivessem enquadrados nas categorias CC e CP) e menor (se os ausentes estivessem nas categorias COM e SR), na coluna TC (%).

Examinando-se a tabela, se pode constatar que os alunos da turma de controle possuem um nível de conhecimento inicial maior ou igual nos tópicos "Circunstâncias dos Eclipses do Sol e da Lua" e "Movimento Anual da Terra em torno do Sol", mesmo considerando-se a menor percentagem. Quanto aos demais tópicos, os alunos da turma experimental podem apresentar um nível inicial melhor dependendo de que percenta-

gem for considerada para a turma de controle. De um modo geral, se considerarmos os valores encontrados (em negrito) para a turma de controle, as duas turmas se equivalem nos quatro tópicos restantes. Mas esta afirmativa teria um real significado dado os pequenos números envolvidos?

**Tabela 3 - Percentual de Alunos com Conhecimento Inicial significativo**

Tópico abordado	Com Conhecimento Inicial		Número de Alunos da TC entrevistados
	TE (%)	TC (%)	
Identificação de Astros	83	83 - <b>80</b> - 67	10
O Dia e a Noite	83	83 - <b>80</b> - 67	10
Movimento Anual da Terra em torno do Sol	33	58 - <b>44</b> - 33	9
As Estações do Ano e suas causas	50	67 - <b>56</b> - 42	9
Circunstâncias dos Eclipses do Sol e da Lua	42	83 - <b>80</b> - 67	10
Movimentos e Influências da Lua	50	58 - <b>50</b> - 42	10

Para verificar se pertencem à mesma população, as distribuições das respostas dos alunos de cada turma, por tópico, foram comparadas usando-se os testes de Wilcoxon-Mann-Whitney e Kolmogorov-Smirnov (Wall e Jenkins 2003). Os dois testes indicaram que as amostras pertencem à mesma população e, portanto, o nível inicial de conhecimentos dos alunos das duas turmas pode ser considerado como semelhante. Os testes também foram feitos com a distribuição de respostas para turma de controle considerando que os dois ou três alunos não computados tiveram respostas enquadradas na categoria SR (Sem Resposta), que seria o pior caso possível. Ainda assim, indicaram que esta distribuição se enquadrava na mesma população da turma experimental.

As observações do professor da turma experimental, permitiram classificar o comportamento dos alunos ao executarem os projetos segundo três classes de comportamento [Adams et al. 2000]: participação ativa (8 alunos), participação passiva (3 alunos), desligado (1 aluno). Estes números indicam que a atividade de modelagem conseguiu motivar uma maioria expressiva dos alunos.

#### 4. Conclusões

Como resultado do estudo exploratório realizado, pode-se responder à questão inicialmente levantada.

*Houve uma melhor compreensão dos conceitos estudados pelo grupo que trabalhou com a realidade virtual, quando comparado com o grupo que participou das aulas regulares?*

Primeiro, é preciso avaliar o nível de conhecimento pré e pós-curso dos alunos de cada turma. Para isto duas abordagens foram consideradas: a) comparação entre o nível de compreensão, pré e pós-curso, individualizada por aluno e b) comparação globalizada entre os desempenhos das turmas experimental e de controle, por questão da prova.

Ambas abordagens apresentam problemas, que vão além do pequeno número de alunos envolvidos no experimento, o que obviamente restringe a confiabilidade da avaliação. Na avaliação da entrevista inicial adotou-se o sistema de categorização desenvolvido por Simpson e Marek (1988), que consiste no enquadramento das respostas em cinco níveis de compreensão. Já na avaliação empregada na análise do desempenho no

---

teste, usou-se o sistema decimal, posteriormente convertido em cinco níveis de conceitos. Embora, os dois sistemas apresentem o mesmo número de níveis de avaliação (cinco), expressam níveis de compreensão que não podem ser correlacionados diretamente sem incorrer em imprecisões. A abordagem da avaliação individualizada por aluno é de implementação complexa, que exigiria a criação de novos critérios de categorização para enquadramento das respostas escritas, fato que poderá ser considerado como uma sugestão para trabalhos futuros.

A avaliação globalizada entre os desempenhos das turmas experimental e de controle, por questão da prova, foi a opção adotada para responder a questão apresentada. Os resultados desta análise indicam que os alunos da turma experimental tiveram um melhor desempenho em todas as questões da prova (tabela 2), exceto na terceira questão, cujo resultado indica igualdade de desempenho.

Embora estes resultados pareçam responder à questão proposta, falta ainda analisar o patamar inicial dos conhecimentos dos alunos das duas turmas. Se o nível inicial de conhecimentos for idêntico ou melhor para os alunos da turma de controle, pode-se afirmar que a instrução via modelagem 3D permitiu uma melhor compreensão dos conceitos abordados.

Os testes de Wilcoxon-Mann-Whitney e Kolmogorov-Smirnov, que foram aplicados separadamente por questão, identificaram as duas amostras (alunos da turmas experimental e de controle) como pertencentes à mesma população, o que conduz à conclusão de que o nível inicial de conhecimentos das duas turmas é semelhante.

Concluindo, os resultados parecem indicar que houve um desempenho superior dos alunos que fizeram o curso de modelagem em 3D, especialmente onde era esperado, isto é, quando a questão envolvia um conhecimento espacial. Mesmo para assuntos que envolviam conhecimentos declarativos, os dados parecem indicar um melhor desempenho dos alunos da turma experimental. Entretanto, devido à ausência das entrevistas iniciais de dois alunos da turma de controle e do pequeno número, os resultados apresentam uma incerteza maior, inviabilizando afirmativas mais conclusivas.

Os resultados apresentados parecem indicar que *houve um aumento da motivação e da interação dos alunos entre si e com o professor na turma experimental, quando comparada à turma de controle.*

As observações do comportamento dos alunos da turma experimental em sala de aula, feitas por um dos autores (JASC) indicam que a maioria dos alunos da turma experimental (8 em 12 = ~ 67%) teve uma participação ativa no desenrolar dos experimentos, apoiando a idéia de uma maior motivação. Além disso, o professor observou uma maior interação entre os colegas e com o professor, provocada pela busca por soluções dos problemas propostos. As respostas dos alunos da turma experimental, obtidas na entrevista final, sobre os pontos positivos do curso, apontam para o fato de que eles tiveram de trabalhar e estudar mais do que esperavam (33% das respostas) e que houve uma maior interação entre eles (33% das respostas).

Uma questão adicional pode ser colocada: *será que a motivação dos alunos, representada pela participação ativa nos projetos, influenciou no desempenho dos alunos no teste?*

Existem alguns estudos indicando que estudantes, envolvidos em cursos tradicionais de palestras expositivas, têm desempenho inferior numa variedade de parâme-

---

tros, quando comparados a estudantes de cursos interativos [Hake 1988 apud Adams et al., 2002]. A correlação entre o tipo de participação no desenvolvimento dos projetos com as notas obtidas no teste escrito, indicou que o conjunto de alunos com participação ativa teve um melhor desempenho, na média, do que o conjunto dos alunos com participação passiva – 5,25 contra 2,25.

Hansen et al. (2002) afirmam que a construção de modelos 3D facilita mais a compreensão de conceitos astronômicos espacialmente relacionados, enquanto que as técnicas de instrução tradicionais, baseadas em palestras expositivas, facilitam mais a compreensão de conhecimentos astronômicos orientados para fatos. No teste, as questões indicadas como tendo tendência para turma de controle, são questões declarativas focadas na compreensão de propriedades e conhecimentos sobre fatos e as questões indicadas como tendo tendência para turma experimental, exigem que os estudantes pensem através de uma variedade de pontos de visão e sobre as posições relativas dos corpos celestes. Através da comparação entre a tendência da questão e o desempenho encontrado no teste, não se pode confirmar as afirmativas de Hansen (2002). Entretanto, a validade do resultado fica prejudicada devido ao pequeno número de alunos envolvidos.

A aplicação da técnica de modelagem virtual em 3D para construção e representação de fenômenos astronômicos parece ser mais eficiente do que aulas expositivas, quando se trata de dar ao estudante uma visão mais global do fenômeno e suas consequências. Além disso, a motivação dos estudantes na execução dos projetos é bem maior do que no processo de ensino tradicional. Entretanto, apresenta limitações quanto a transmissão de conhecimentos mais factuais e matemáticos. Sua aplicação deve ser introduzida apenas em alguns tópicos que exijam uma compreensão espacial.

## 5. Referências

- Adams, J.P., Brissenden, G., Lindell, R.S., Slater, T.F., Wallace, J. (2002) “Observations of Student Behavior in Collaborative Learning Groups”, *Astronomy Education Review*, v. 1, n. 1, p. 25-32.
- Barab, S.A., Hay, K.E., Barnett, M., Keating, T. (2000) “Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building”, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, p. 719-756.
- Barnett, M., Keating, T., Barab, S.A., Hay, K.E. (2000) “Conceptual Change Through Building Three-Dimensional Virtual Models”. In *Fourth International Conference of Learning Science*, B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (eds.), p. 134-141. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Barnett, M., Makinster, J.G., Hansen, J.A. (2001) “Exploring Elementary Students' Learning of Astronomy Through Model Building” In *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, 2001.
- Bliss, J., Ogborn, J. (1990), *Exploration and Reasoning - a Seminar Report*, G. Cumming & R. Lewis (Eds). England: ESRC.
- Byrne, C. (1993) “Virtual Reality and Education”, HITL Report 93-6. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-6.html>. Acesso em: 20/01/2004.
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2000), *Research Methods in Education*, 5<sup>th</sup> ed. London: RoutledgeFalmer, 446 p.

- 
- de Campos, J.A.S., Araujo, J.F.S., Chamovitz, I., Elia, M.F. (2003) “Gerador de Redes Sistêmicas: Uma Aplicação para Levantamento de Pré-concepções sobre as Estações do Ano”, Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, XXIII, WIE, IX, Campinas, 2003. Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, IX WIE, v. 5, p. 287-296.
- de Campos, J.A.S. (2004), Um Estudo Exploratório sobre o uso de Ambientes Virtuais não Imersivos em 3D no Ensino de Astronomia, Dissertação de Mestrado, Instituto de Matemática/Núcleo de Computação Eletrônica. Disponível em <http://www.nce.ufrj.br/ginape/>
- Elliot, D.M. (2000) “3D VR Astronomy”. Disponível em: <http://www.arches.uga.edu/~delliott/courses/ersh6200/Research%20Proposal.pdf>. Acesso em: 15/07/2004.
- Greca, I.M., Moreira, M. A. (1998) “Modelos Mentales, Modelos Conceptuales y Modelización”. *Cadernos Catarinenses Ensino Física*, v. 15, n. 2, p. 107-120.
- Hake, R.R. (1998) “Interactive-engagement vs. Tradicional methods: A sis-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses”. *American Journal of Physics*, v. 66, n. 1, p. 64-74.
- Hansen, J.A., Barnett, M., Makinster, J.G., Keating, T. (2002) “The Impact of 3-D Computacional Modeling on Student Understanding of Astronomical Concepts: A Qualitative Analyses”, In *Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching*.
- Novak, J.D. (1990) “Concept Maps: A Useful Tool for Science Education”, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 27, n. 10, p. 937-949.
- Pantelides, V. (1995) “Reasons to use Virtual Reality in Education”, *VR in the Schools*, v.1, n. 1.
- Papert, S. (1991), *Situating Constructionism*, In *Constructionism: Research Reports and Essays, 1985-1990*, I. Harel & S. Papert (eds.). Norwood, NJ: Ablex, p. 1-11.
- Pinho, M.S. (1996) “Realidade Virtual como Ferramenta de Informática na Educação”, In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, VII, 1996, Belo Horizonte. Anais do VII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Belo Horizonte.
- Schroeder, E.K., Bulka, T.M., Emigh, D.A., Andersen, B.A., Chapman, D., Fixen, R.L., Legett, J.A., Thakkar, U., III, R.S. Toomey (1997) “Exploring the Link between Real and Virtual Experiences in the Classroom with VRML and 3D Modeling”.
- Simpson, W.D., Marek, E.A. (1988) “Understandings and Misconceptions of Biology Concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools”, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 25, n. 5, p. 261-374.
- Vernieri, P.P. (2003) “Uso de VRML na Educação”. Disponível em: <http://www.alternet.com.br/canal/administracao/vrml.html>. Acesso em: 24/10/2003.
- Wall, J.V., Jenkins, C.R. (2003), *Practical Statistics for Astronomers*, Cambridge: Cambridge University Press, 277 p.
- Winn, W. A Conceptual Basis for Educational Application of Virtual Reality. HITL Report 93-9, 1993. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9.html>. Acesso em: 20/01/2004.