

## AMBIENTES GRÁFICOS TRIDIMENSIONAIS COMO FERRAMENTAS FÍSICO-QUÍMICAS NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

Trindade, J.<sup>1</sup>, Fiolhais, C.<sup>2</sup>, Gil, V.<sup>3</sup> & Teixeira, J.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico da Guarda, Escola Superior de Tecnologia e Gestão

<sup>2</sup> Centro de Física Computacional e Departamento de Física da FCTUC, Universidade de Coimbra

<sup>3</sup> Exploratório Infante D. Henrique e Departamento de Química da FCTUC, Universidade de Coimbra

<sup>4</sup> Departamento de Matemática da FCTUC, Universidade de Coimbra

### Resumo

A utilização de meios computacionais para visualização no ensino restringia-se, até há pouco, a representações bidimensionais. No entanto, o acréscimo de sofisticação dos computadores e a progressiva democratização dos meios informáticos têm provocado o aparecimento de meios pedagógicos baseados em ambientes gráficos tridimensionais até há pouco só do domínio dos jogos mais elaborados. A realidade virtual é uma tecnologia que pode ser um bom instrumento de ensino e treino porque permite a interacção com modelos tridimensionais numa experiência multisensorial.

Hoje, com a ajuda de computadores, podemos criar mundos “alternativos” onde experimentamos sensações de movimento e acção semelhantes às do mundo real. Estas tecnologias, ao captarem a atenção do aluno oferecem decerto uma experiência pedagógica única. No entanto, é necessário explorar e avaliar esta tecnologia no âmbito pedagógico para se determinar em rigor quais são as suas mais valias. Para esse fim desenvolvemos o projecto “Água Virtual”, um projecto de realidade virtual aplicado ao ensino e aprendizagem das ciências físico-químicas. Trata-se de um conjunto de cenários incluindo a simulação molecular da água e a representação de orbitais moleculares e atómicas com a respectiva visualização tridimensional interactiva. A avaliação pedagógica deste projecto está em curso.

### Introdução

Apesar de alguma polémica (como acontece, em geral, com a utilização de qualquer nova tecnologia), o uso do computador tem-se intensificado e diversificado. Os meios informáticos ganharam um papel de relevo em áreas como a indústria, a arte, a comunicação, a medicina, o entretenimento e a investigação científica. Não admira que o computador seja hoje também visto como um precioso auxiliar de ensino e de

aprendizagem, sendo utilizado de formas diversas e complementares como a simulação, o multimédia e a aquisição de dados experimentais em tempo real. Recentemente, com a expansão da "Internet", têm-se desenvolvido novas aplicações para o ensino baseadas na linguagem "Java". As tecnologias de realidade virtual têm também ganho espaço no "mercado" pedagógico.

Para a notoriedade ganha nos últimos anos pela realidade virtual contribuíram diversos factores: não apenas o aumento das capacidades gráficas dos computadores pessoais mas também o desenvolvimento de interfaces de fácil utilização (por exemplo, óculos para visualização estereoscópica e luvas que dispensam o uso do rato), o aparecimento de *VRToolkits* relativamente acessíveis para desenvolver ambientes virtuais (como, por exemplo, o *WorldToolkit*<sup>1</sup> da Sense8<sup>TM</sup>, o *VRT*<sup>2</sup> da Superscape<sup>TM</sup> e o *dVISE*<sup>3</sup> da Division<sup>TM</sup>), assim como a diminuição drástica dos custos de hardware e software.

A realidade virtual assenta na construção de ambientes gráficos tridimensionais que permitem, em tempo real, a interacção e a manipulação com elementos desses ambientes. Pode haver uma sensação mais ou menos completa de imersão num mundo virtual. Interactividade (navegação, escolha do referencial, etc.), manipulação (realização de acções de forma idêntica à do mundo real) e imersão (totalidade das sensações provenientes do ambiente virtual) são três características que distinguem estas novas técnicas. Tais características permitem uma extensão considerável das simulações convencionais num ecrã de computador.

O uso da realidade virtual na educação tem motivado o desenvolvimento de trabalhos para avaliar as possibilidades desta tecnologia [1]. Alguns exemplos, no domínio das ciências exactas e naturais, são [2]:

- nos Estados Unidos, o *Chemistry World*<sup>4</sup> (estudo de átomos e moléculas simples), realizado no Human Interface Technology Laboratory da Universidade de Washington; o *NewtonWorld*<sup>5</sup> (dinâmica de colisões), o *MaxwellWorld*<sup>6</sup> (electrostática), e o

---

<sup>1</sup> <http://www.sense8.com>

<sup>2</sup> <http://www.superscape.com>

<sup>3</sup> <http://www.division.com>

<sup>4</sup> <http://www.hitl.washington.edu/research/dontlookjunk/education/chemistry/index.html>

<sup>5</sup> <http://www.vetl.uh.edu/ScienceSpace/absvir.html>

<sup>6</sup> <http://www.vetl.uh.edu/ScienceSpace/absvir.html>

*PaulingWorld*<sup>7</sup> (estruturas moleculares complexas), ambos realizados em colaboração entre a Universidade de George Mason (Virginia) e a Universidade de Houston-Downtown (Texas); o *Vicher*<sup>8</sup> (reactor virtual para o estudo da engenharia de reacções químicas), realizado na Universidade de Michigan; o *Virtual Windtunnel*<sup>9</sup> (túnel de vento virtual), realizado pelo NASA Ames Research Center;

- II. em Israel, o *Knowmagine*<sup>10</sup> (museu virtual de ciência e tecnologia), realizado na Universidade de Tel-Aviv.
- III. no Brasil, o *Virtual Lab*<sup>11</sup> (laboratórios virtuais de Física e de Química), realizado na Universidade Federal de Santa Catarina;

### Meios Gráficos Tridimensionais

Com o objectivo de avaliar as potencialidades da realidade virtual no ensino e na aprendizagem da Física e da Química, está a ser desenvolvido no Departamento de Física da Universidade de Coimbra, em colaboração com o Exploratório Infante D. Henrique, o Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra e a Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico da Guarda, o projecto "Água Virtual"<sup>12</sup>. Este projecto tem por destinatários os alunos do primeiro ano das licenciaturas em Física e em Química. O trabalho permite explorar os principais artifícios de um ambiente virtual, desde o *Walk-Through* (um tipo de interacção na qual o utilizador pode "andar" pelo ambiente virtual), até à modelação da dinâmica molecular da água e a simulação de comportamentos específicos de modelos, incluindo a representação gráfica tridimensional imersiva de alguns objectos de mecânica quântica (orbitais atómicas e moleculares). Os temas abordados contemplam o estudo da dinâmica das fases líquida e gasosa, a estrutura da fase sólida comum e de algumas outras menos vulgares, agregados moleculares, geometria da molécula da água e da sua densidade electrónica, orbitais moleculares da água e orbitais atómicas do átomo de hidrogénio (Figura 1).

---

<sup>7</sup> <http://www.vetl.uh.edu/ScienceSpace/absvir.html>

<sup>8</sup> <http://www.engin.umich.edu/labs/vrichel/>

<sup>9</sup> <http://www.nas.nasa.gov/Software/VWT/>

<sup>10</sup> <http://www.tau.ac.il/~museum/galileo/kc-muse.html>

<sup>11</sup> <http://www.lrv.eps.ufsc.br/projectos/vl/index.html>

<sup>12</sup> <http://nautilus.fis.uc.pt/~rv>

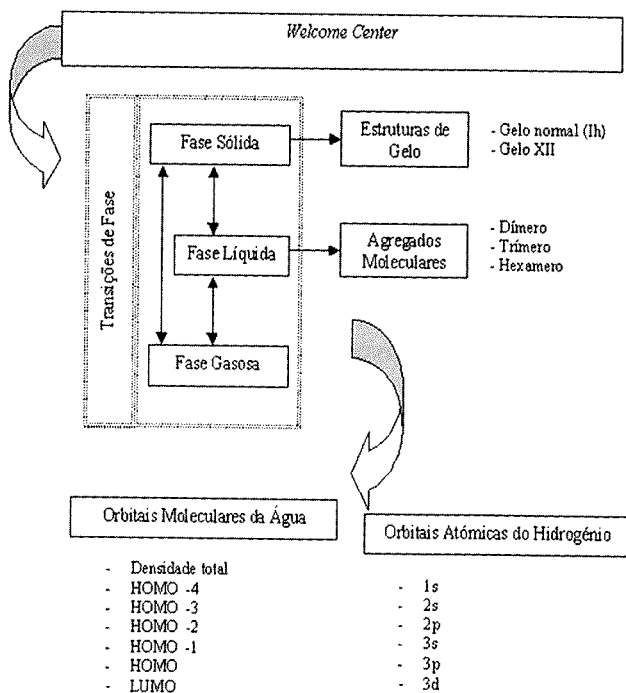


Figura 1 – Diagrama de conteúdos do projecto “Água Virtual”. O *Welcome Center* é um cenário macroscópico de introdução. O estudo das fases e transições de fase faz-se usando dinâmica molecular clássica enquanto as orbitais moleculares da água e atômicas do hidrogénio exigem a Mecânica Quântica.

No campo educativo, o uso da realidade virtual encontra-se teoricamente justificado, embora faltem ainda avaliações de práticas concretas. Expõem-se algumas ideias que reúnem o consenso de especialistas em educação [3]:

- A interacção entre o sujeito e o ambiente é muito importante em educação. Assim, qualquer cenário virtual constitui, por si só, um ambiente educacional.
- Os processos psicológicos activos num ambiente virtual são muito semelhantes aos processos correspondentes num ambiente educativo real.
- A manipulação de objectos é fundamental na experimentação. Sem ela, os alunos dificilmente compreendem o significado e o

alcance de uma experiência ou os conceitos que lhe estão subjacentes. Mas, como a manipulação de certos objectos é impossível, difícil, perigosa ou dispendiosa, eles poderão ser substituídos por objectos virtuais.

- As sensações tácteis são frequentemente negligenciadas em educação. Podem-se criar imagens mentais incorrectas pela ausência do objecto real e impossibilidade de o sentir.
- A formação de modelos conceptuais correctos e a aprendizagem podem ser facilitadas através da realidade virtual. O aluno pode experimentar novas vivências em ambientes que resultam apenas de algoritmos computacionais. Por exemplo, a aproximação e o afastamento a um corpo podem ser feitos da forma relativamente arbitrária num ambiente virtual. Podemos mesmo "entrar" dentro dos átomos, como acontece no projecto "Água Virtual".

### Água Virtual

O nosso ambiente virtual é um conjunto de vários cenários incluindo a simulação molecular da água e a representação de orbitais moleculares e atómicas com a respectiva visualização tridimensional interactiva. Tal ambiente oferece várias possibilidades de exploração [4]. A utilização de capacete (Figura 2) permite a visualização tridimensional e imersiva de todos os cenários. Estes são modificados sempre que o utilizador executa movimentos com a cabeça, graças a um sensor de posição.

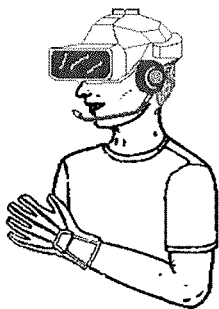


Figura 2 – Equipamento característico para a exploração de ambientes virtuais imersivos, como no projecto "Água Virtual". O capacete permite a visualização tridimensional e imersiva, enquanto a luva permite a interacção e manipulação de modelos do ambiente.

Com a luva, o utilizador pode interagir com os modelos moleculares, agarrando-os por exemplo, ou pode accionar mecanismos de variação de temperatura ou pressão. Pode também interagir com as moléculas de água para estudar as propriedades das fases sólida (Figura 3), líquida e gasosa (Figura 4) e ainda as respectivas transições de fase (Figura 5) [5].

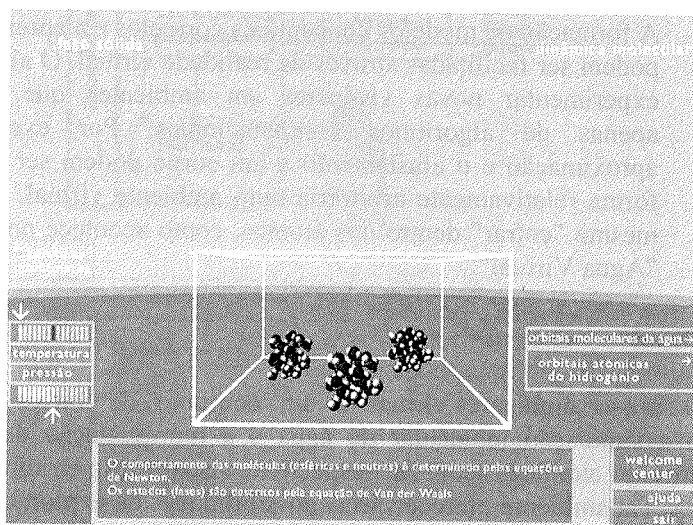


Figura 3 – “Água Virtual”: através de condições adequadas de pressão e temperatura é possível formar estruturas de gelo e navegar pelos espaços vazios dessas estruturas.

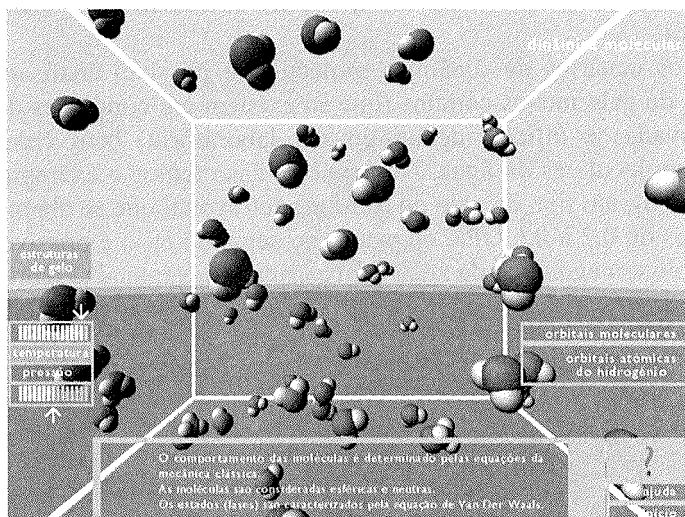


Figura 4 – Ambiente da dinâmica molecular da água, na fase gasosa, usando o modelo *ball-and-stick* para as moléculas.

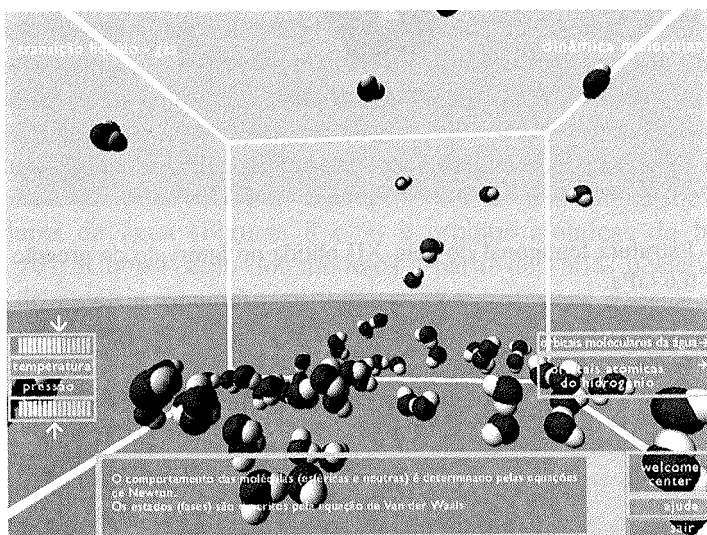


Figura 5 – Transição entre a fase líquida da água e a fase gasosa.

O aluno pode ainda colocar-se no lugar de uma molécula, em qualquer uma destas situações, e obter informação a partir dessa perspectiva.

Nos cenários da dinâmica molecular é possível analisar algumas estruturas de gelo menos comuns (que só existem em condições de pressão muito elevadas e difíceis de atingir em laboratório) bem como alguns isómeros moleculares da água. No primeiro caso temos o exemplo do gelo XII (Figura 6), um tipo de gelo de estrutura tetragonal que se obtém na faixa de pressões de 0,2 a 0,6 GPa, enquanto no segundo caso é possível estudar por exemplo um agregado da água com estrutura hexagonal (Figura 7).

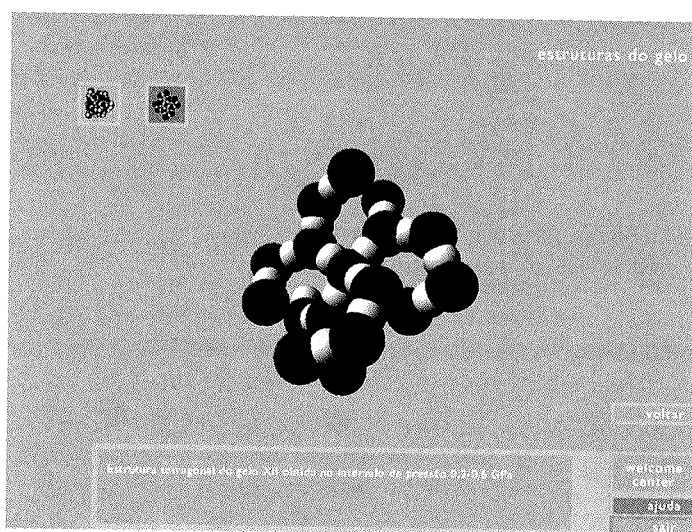


Figura 6 – Estrutura tetragonal do gelo XII obtida no intervalo de pressão de 0,2 a 0,6 GPa.



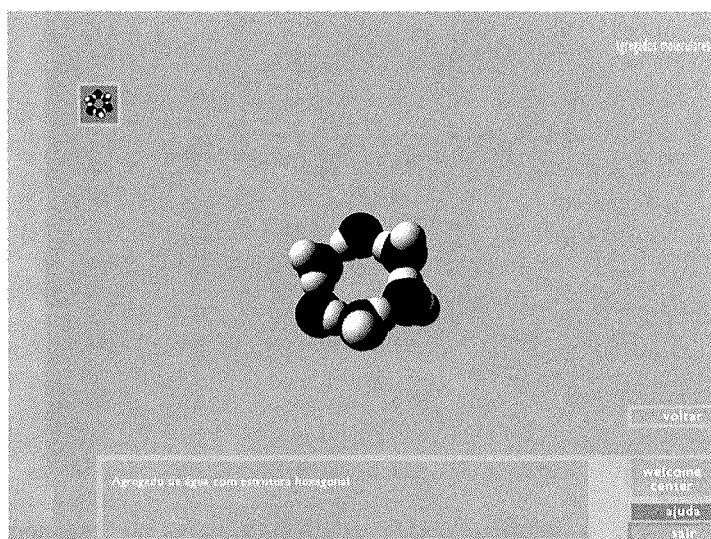


Figura 7 – Agregado molecular da água com estrutura hexagonal.

Nos ambientes relativos às orbitais é possível explorar alguns conceitos de mecânica quântica para os quais não existem normalmente modelos acessíveis. Torna-se mais fácil compreender certos conceitos a partir de modelos tridimensionais do que a partir de fórmulas ou números. São exemplos os conceitos de função de onda, orbital e densidade eletrônica, que convém distinguir em face de algumas confusões existentes por alunos. É possível, por exemplo, ver a três dimensões orbitais moleculares da água (Figuras 8 e 9) e orbitais atômicas do hidrogênio (Figura 10). A observação dos modelos a partir de várias posições facilita estudos de simetria espacial.

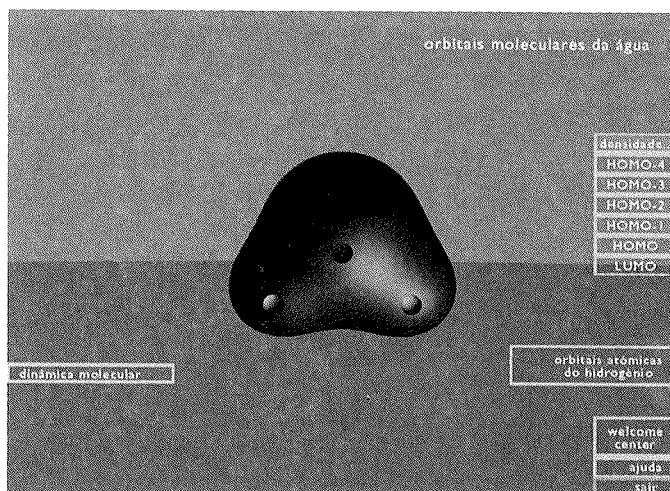


Figura 8 – Densidade total da molécula de água com os núcleos atômicos no interior (oxigénio, ao centro, e hidrogénio em baixo).

Fazendo uso de uma luva é possível "navegar" nos cenários e efectuar certas manipulações: por exemplo, "agarrar" nas orbitais para obter sobreposições destas.

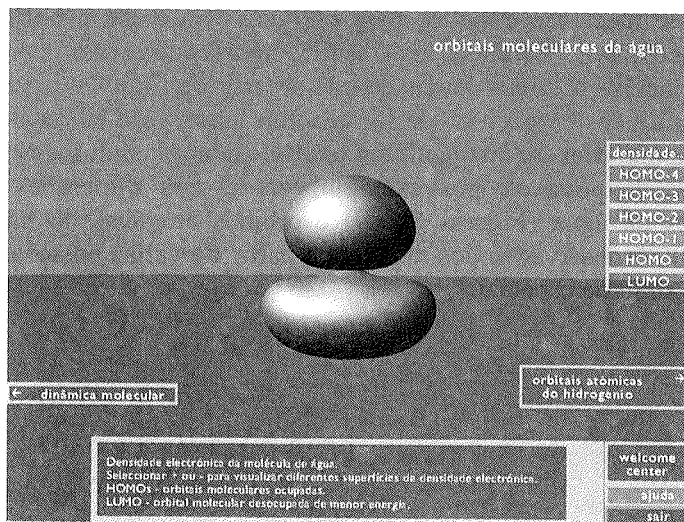


Figura 9 – Orbital molecular HOMO-1 da água correspondendo à segunda orbital molecular ocupada com maior energia.

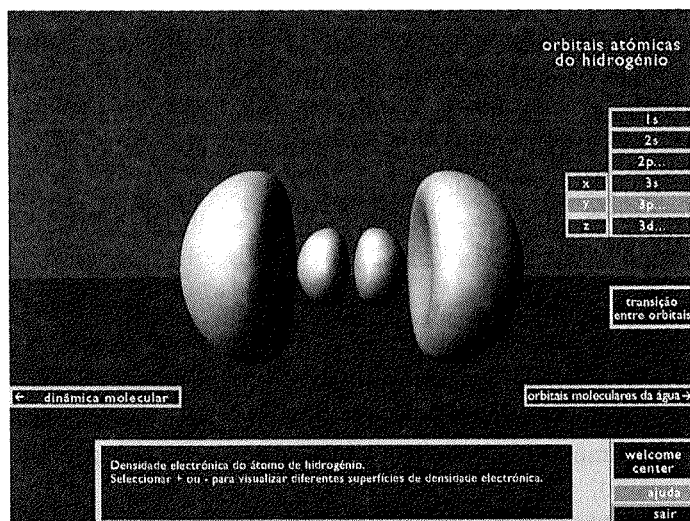


Figura 10 – Orbital atómica 3p<sub>y</sub> do átomo de hidrogénio.

### Implicações pedagógicas

Segundo o prémio Nobel da Física George Charpak [6] “o espírito é uma rede neural dinâmica, «plástica» e auto-organizada, que aprende melhor quando a aprendizagem solicita todo o ser humano – o corpo e as emoções”. Esta forma mais orgânica e dinâmica de efectuar a aquisição dos conhecimentos requer condições que permitam aos alunos tratar diversos tipos de informação, extrair informação particular quando ela está imersa num contexto mais complexo, construir sentido a partir de modelos, organizar e ligar informação nova ao saber adquirido e pôr em prática os novos conhecimentos.

Para tal, é importante que os alunos tenham acesso a outras formas de conhecimento, que não apenas o conhecimento factual. Tendencialmente, o ensino “deverá ser menos assente no discurso verbal do professor ou textos concluídos dos manuais. Um ensino activo, estimulador de uma aprendizagem activa por parte do aluno, mais que soluções e saberes feitos, proporciona momentos de inventariação e análise de problemas, recolha de informação, levantamento de hipóteses, busca de nova informação e dados, verificação das hipóteses, discussão e teorização em torno dos dados,

estruturação da nova informação no conhecimento possuído e levantamento de pistas para a sua aplicação e generalização” [7].

No entender de Cachapuz, trata-se “de fertilizar o cognitivo com o afectivo, a razão com a emoção, contribuindo para uma visão mais completa das problemáticas inerentes ao conhecimento científico-tecnológico-social, assim como às metodologias e tarefas desenvolvidas ao longo do processo de ensino-aprendizagem” [8].

Pensamos que o projecto “Água Virtual” tem implicações pedagógicas que podem ser vistas nesta perspectiva.

## Conclusões

A utilização de métodos gráficos tridimensionais é essencial para a formação de modelos conceptuais correctos. Por isso é crescente o interesse pelo desenvolvimento de aplicações baseadas nas tecnologias de realidade virtual no ensino.

No entanto, subsistem ainda alguns problemas relativos ao uso desta tecnologia no ensino e aprendizagem. Por um lado, há que testar o desempenho de vários dispositivos de interface, como os capacetes de visualização e as luvas de dados, e averiguar a justeza de algumas críticas quanto ao desconforto proporcionado. Por outro lado, há que ver até que ponto as representações tridimensionais, com ou sem componente imersiva, trazem uma verdadeira mais valia em relação às bidimensionais. O projecto “Água Virtual” está a procurar desenvolver estas questões com o recurso à avaliação por estudantes.

## Agradecimentos

Agradecemos o apoio dos alunos Nuno Pereira, Eduardo Coutinho, Sandra Monteiro e Sandra Pinto pela sua colaboração no desenvolvimento de alguns cenários do projecto “Água Virtual”. Este trabalho é parcialmente apoiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, projecto PRAXIS/FIS/14188/1998.

## Referências

- [1] J. A. Trindade e C. Fiolhais, “A realidade virtual no ensino e na aprendizagem da Física e da Química”, *Gazeta da Física* **19** (1996) 11.  
<http://nautilus.fis.uc.pt/~rv/articles/art1/art1.htm>
- [2] Seth Shulman, “Virtual reality goes to school”, *Computer Graphics World*, March (1999) 38.
- [3] C. Dede, “The evolution of constructivist learning environments: immersion in distributed virtual worlds”, *Educational Technology* **35** (1995) 46.

- [4] J. A. Trindade, C. Fiolhais e V. Gil, “Virtual Water, an application of virtual environments as an education tool for physics and chemistry”, in *Advanced Research in Computers and Communication in Education, Proceedings of ICCE'99 – 7<sup>th</sup> International Conference on Computers in Education*, Chiba, Japan, ed. G. Cumming, T. Okamoto, and L. Gomez, vol. 2, pg. 655-658, IOS Press, Amsterdam, 1999 - <http://nautilus.fis.uc.pt/rv/articles/art5/art5.html>
- [5] J. A. Trindade, C. Fiolhais, V. Gil e J. C. Teixeira, “Virtual environments of water molecules for learning and teaching science”, *Computer Graphics Topics* 5 (1999) 12 - <http://nautilus.fis.uc.pt/rv/articles/art4/art4.html>
- [6] George Charpak, “Crianças, Investigadores e Cidadãos”, Instituto Piaget, Lisboa, 1998.
- [7] Leandro S. Almeida e José Tavares, “Conhecer, Aprender, Avaliar”, Porto Editora, 1998.
- [8] António F. Cachapuz, “Formação de Professores de Ciências – Perspectivas de Ensino”, *Textos de Apoio nº 1*, Centro de Estudos de Educação em Ciência, Porto, 2000.