

Ensino da Física e Avaliação Formativa em Rede

José Macieira

Departamento de Ciências Experimentais

Escola Secundária Henrique Medina

Av. Dr. Henrique Barros Lima - 4740-203 Esposende

josemacieir@kanguru.pt

Carlos Fiolhais

Universidade de Coimbra – Departamento de Física e Centro de Física Computacional

Rua Larga – 3004-516 Coimbra

tcarlos@teor.fis.uc.pt

RESUMO

O ensino das ciências e das tecnologias pode beneficiar da utilização de dispositivos tecnológicos portáteis na sala de aula. A avaliação de aprendizagens é uma das recentes aplicações de dispositivos portáteis na sala de aula que tem suscitado mais interesse de professores e investigadores. A identificação de problemas de aprendizagens dos alunos em tempo real permite ao professor melhorar as suas estratégias de ensino disponibilizando aos alunos “feedback” sobre o seu desempenho (avaliação formativa). Apresenta-se aqui um sistema de avaliação formativa deste tipo divulgando algumas das suas virtualidades que foram exploradas numa experiência com alunos.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologia; portabilidade; comunicação; avaliação.

O uso das novas tecnologias na sala de aula mudou e continua a mudar as metodologias de ensino das ciências. Os dispositivos portáteis sem fios, que oferecem mobilidade e conectividade, são actualmente uma das tecnologias mais prometedoras no reforço e consolidação das aprendizagens. Embora o recurso ao laboratório como local de eleição do ensino experimental das ciências seja um procedimento vulgar, ele sujeita os alunos a alterações do ambiente educativo, podendo diminuir a eficácia do ensino. As tecnologias actuais permitem que o professor prescindia de uma sala especial já que muitas recolhas e análises de dados pode ser feita na sala de aula.

QUE TECNOLOGIAS A UTILIZAR?

Uma grande parte dos alunos dos ensinos básico e secundário já possuem um ou mais dispositivos móveis, como máquinas gráficas, telemóveis, *smartphones*, *pocketPC* ou *notebooks*. Os computadores de mão (*handheld*), em particular máquinas gráficas e *pocketPC*, afiguram-se a escolha tecnológica preferencial para construir ambientes educativos adequados ao ensino das ciências já que permitem a transição de um uso ocasional para um uso integral (Soloway *et al.*, 2001).

A opção pelas máquinas gráficas relativamente aos *pocketPC* tem a vantagem de já estarem disseminadas no universo dos alunos do ensino secundário. A generalidade das escolas tem um *kit* de máquinas gráficas com sensores e, com uma migração simples (comportável para as escolas) para um sistema do tipo *TI-Navigator* (figura 1), é possível concretizar ambientes educativos cooperativos na sala de aula. Os desafios a vencer são a adequação das tecnologias para o ensino das ciências aos objectivos curriculares



Figura 1. Sistema *TI-Navigator* da *Texas Instruments*.

Os dispositivos portáteis permitem também a utilização pelos alunos em trabalhos de campo para aquisição de dados científicos (Rieger *et al.*, 1997; Soloway *et al.*, 1999; o Staudt & Hsi, 1999) em visitas de estudo, etc., em qualquer lugar e a qualquer hora.

1. PARA QUÊ?

A utilização de calculadoras gráficas ou *pocketsPC* com sensores associados aumenta a capacidade humana de apreensão da realidade. É decerto excitante para os alunos, em conjunto, reunir informação e visualizar de forma imediata a realidade a compreender. Informação sonora e luminosa podem ser captadas medindo alguns dos seus parâmetros, como o nível sonoro e a intensidade luminosa. Do mesmo modo, a utilização de máquinas gráficas associadas a sensores de movimento em experiências em que se registam valores de distância e velocidade, em função do tempo, ajuda a interiorizar conceitos de mecânica. Do confronto entre percepções e medições emergirão aprendizagens sobre forças e movimentos que estratégias tradicionais (como conferências, leituras, exercícios ou mesmo trabalhos de laboratório tradicionais) têm dificuldade em desenvolver (Krajcik *et al.*, 2001 e Thornton, 1999). A exploração de simulações interactivas em sala de aula é outro exemplo de utilização deste tipo de dispositivos tecnológicos.

2. COMO AVALIAR?

Uma das aplicações tecnológicas emergentes - os sistemas de comunicação na sala de aula - parece ter um grande potencial como ferramenta pedagógica ao permitir a avaliação formativa já que facilita o “feedback” em tempo real sobre aprendizagens pretendidas. O projecto NUMINA II ([http:// aa.uncw.edu/numina/](http://aa.uncw.edu/numina/)) mostrou que a sua utilização na sala de aula amplia com vantagem as metodologias de ensino das ciências. Um dos primeiros sistemas de comunicação na sala de aula, designado por *classtalk*, foi utilizado em 1989 por Abrahamson, está na origem de outros sistemas de comunicação como o *audience response system* (ARS), o *personal response system* (PRS) e o *classroom communication system* (CCS). Todos estes sistemas têm em comum um mecanismo de apresentação de questões a grupos de alunos constituído essencialmente por um dispositivo electrónico de recolha de respostas dos alunos e um sistema de apresentação dessas respostas.

Na sua versão mais simples, um sistema de respostas dos alunos é formado por aparelhos de entrada/transmissão (calculadora gráfica ou *pocketPC*), um aparelho de recepção e um sistema principal (com ou sem fios) de questionamento apoiado por um *software* de conexão entre professor e alunos. Este *software* deve permitir actividades interactivas na sala de aula como gerar questões e ver respostas assim como orientar actividades depois das aulas como, por exemplo, fichas de trabalho *online*. As aplicações actualmente disponíveis são de utilização intuitiva, como o *TI LearningCheck Creator*, que permite a elaboração de

questionários de auto e hetero-avaliação (figura 2) constituídos por diversos tipos de questões (múltipla escolha, texto numérico, expressões algébricas).

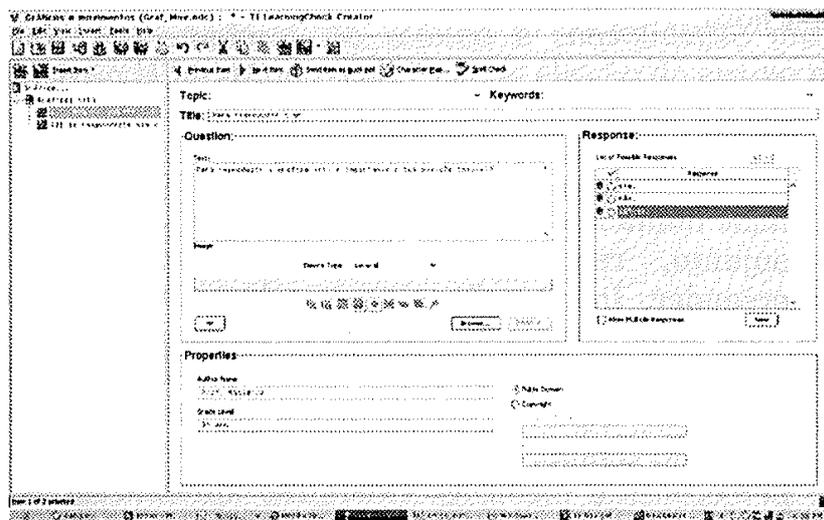


Figura 2. Pré-questionário elaborado no *LearningCheck Creator*.

3. Trabalho prático

Numa escola do litoral norte português está em curso um estudo sobre as virtualidades de utilização do sistema *TI-Navigator*. Os intervenientes são professores de Física e Química e Matemática e alunos do ensino básico. A amostra é constituída por três turmas do 9º ano num total de 69 alunos da disciplina de Ciências Físico-Químicas. O contexto de ensino tem a ver com a sinistralidade rodoviária e inclui a discussão das colisões na unidade temática Forças e Movimentos.

A compreensão do conceito de velocidade é uma das competências que consta do currículo das Ciências Físicas e Naturais do ensino básico. O conceito de velocidade é básico no estudo das colisões. Para alcançar as metas previstas no currículo, os alunos foram estimulados a vencer o desafio seguinte: “Consegues, recorrendo a máquinas gráficas e sensores de movimento, reproduzir gráficos de movimentos?”. Antes da realização prático do gráfico $v(t)$ foi colocada a seguinte questão de resposta fechada: “para reproduzir um gráfico $v(t)$ a posição inicial é importante?”. A questão foi de seguida enviada para as calculadoras gráficas dos alunos ligados à rede, suportada pelo sistema *TI-Navigator* (figura 3). As respostas dos alunos indicam ao professor o nível de desenvolvimento conceptual dos alunos.

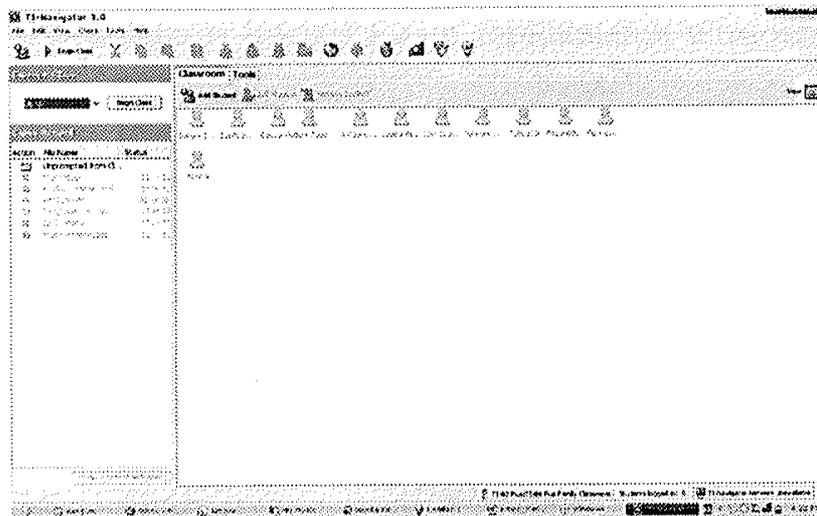


Figura 3. Programa *TI-Navigator*.

O programa *Class Analysis* permite a recolha automática das respostas dos alunos e a sua visualização (figura 4) por meio de um videoprojector ou *interactive whitebord*. A principal finalidade da visualização das respostas é suscitar o debate de ideias entre os alunos que responderam de forma diferente. Os resultados obtidos (figura 4) sustentam a pertinência da questão e aumentam a motivação dos alunos para a verificação prática das suas respostas.



Figura 4. Resultados das respostas dos alunos apresentados pela aplicação *Class Analysis*.

As máquinas gráficas utilizadas no sistema de avaliação também permitem, com a simples adição de um sensor de movimento, a aquisição automática da posição e velocidade de corpos em movimento (figura 5).

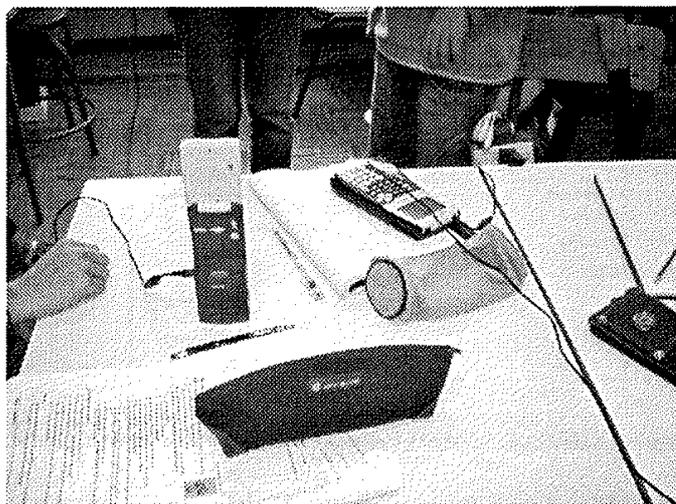


Figura 5. Sistema calculadora gráfica e sensor de movimento.

Assim foi proposta a realização de um trabalho prático em grupo de reprodução física de gráficos $d(t)$ e $v(t)$ (figura 6) que permitisse responder à questão colocada e, para além de motivar os alunos para o estudo das forças e movimentos, reconhecer a importância da informação gráfica na descrição de acontecimentos físicos,. A proposta de trabalho despertou o interesse dos alunos, mas também despoletou algumas reacções que não eram à partida expectáveis.

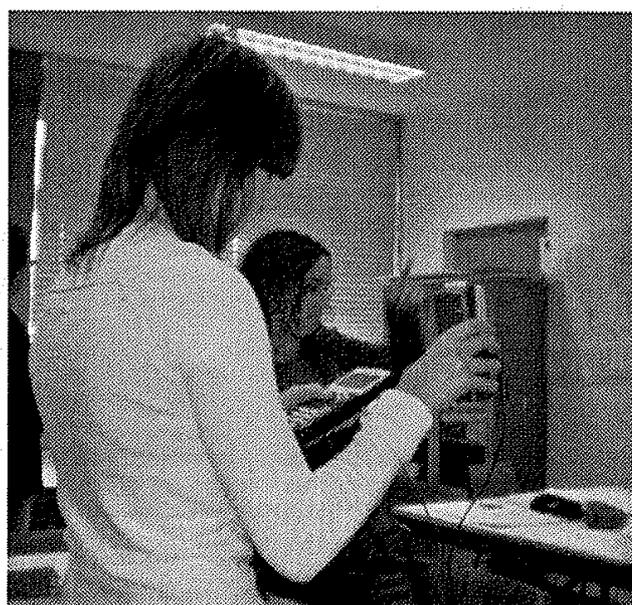


Figura 6. Realização do trabalho prático.

As dificuldades tecnológicas iniciais foram rapidamente ultrapassadas. Contudo, observou-se que alguns alunos tentavam iniciar a reprodução física do gráfico erguendo o sensor de movimento bem acima das suas cabeças. Quando questionados sobre os motivos alegaram que o gráfico, reproduzido na figura 7, começava a certa altura. A confusão foi grande, pois os resultados experimentais não eram os esperados. A discussão subsequente despoletou a clarificação sobre o significado da informação.

Após a verificação prático-experimental das suas ideias, os alunos são novamente solicitados para a realização de um novo questionário, transferido para as suas calculadoras gráficas. O questionário é constituído por questões diversificadas e de resposta fácil (questões iniciais), para manter interesse e reforçar motivação, por questões que despoletem discussões entre alunos e destes

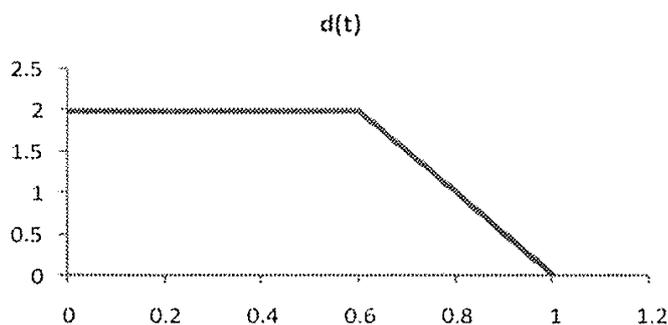


Figura 7. Gráfico visualizado na calculadora gráfica.

com o professor e ainda pela questão previamente suscitada. Algumas das questões que se revelem demasiado difíceis para os alunos podem ser decompostas em elementos conceptualmente mais simples (com “feedback” contínuo). Depois da recolha automática das respostas dos alunos, os resultados podem ser vistos na forma de histogramas de desempenho da turma, ou individuais (por aluno), permitindo aferir as metodologias de ensino e orientar subseqüentes acções educativas. Sistemas como este, de resposta em tempo real, parecem ser a chave para uma melhor avaliação formativa (Dufresne *et al.*, 1996; Rochelle *et al.*, 2004).

Com a utilização deste tipo de sistemas, como base da avaliação, é difícil aos alunos “esconderem-se” na sala de aula, além de ser mais fácil ao professor avaliar a eficácia das suas propostas e adequar as suas estratégias de ensino às dificuldades diagnosticadas. As dificuldades iniciais evidenciadas por alguns alunos originaram de forma espontânea atitudes de cooperação com outros de forma a superá-las. Verificaram-se, porém, no domínio da avaliação algumas atitudes algo surpreendentes. Quando os alunos são solicitados para a realização de fichas de trabalho (questionários de papel e caneta) a generalidade deles mostra fraca

motivação para a sua realização. Distraem-se com facilidade, conversam sobre assuntos fora do contexto proposto e têm frequentemente de ser motivados para a realização do questionário. É frequente os alunos, quando não sabem a resposta, copiarem as respostas dos colegas, sem as discutir, apenas para “mostrar trabalho feito” ao professor. Mas estas atitudes mudam quando os alunos são solicitados a responder a questionários em rede sabendo antecipadamente que as suas respostas serão objecto de análise e discussão. Quando se procede à análise dos resultados em sala de aula as reacções dos alunos são diversas, desde contentamento até incompreensão. Querem verificar onde acertaram e onde erraram. A análise questão-a-questão dos resultados conduz à discussão sobre as diferenças entre as respostas dadas e as esperadas. Mesmo alunos que frequentemente se esquivam à discussão na sala de aula passam a participar mais. A utilização desta ferramenta de avaliação também permite verificar mais facilmente e em tempo real que os alunos nem sempre aprendem o que deles se espera. Torna-se mais fácil detectar dificuldades que estão a perturbar o alcance das aprendizagens pretendidas. As respostas ao questionário baseado na informação gráfica de movimentos revelaram, para além de dificuldades conceptuais, algumas dificuldades de linguagem (por exemplo, não reconhecem o significado da notação $d(t)$).

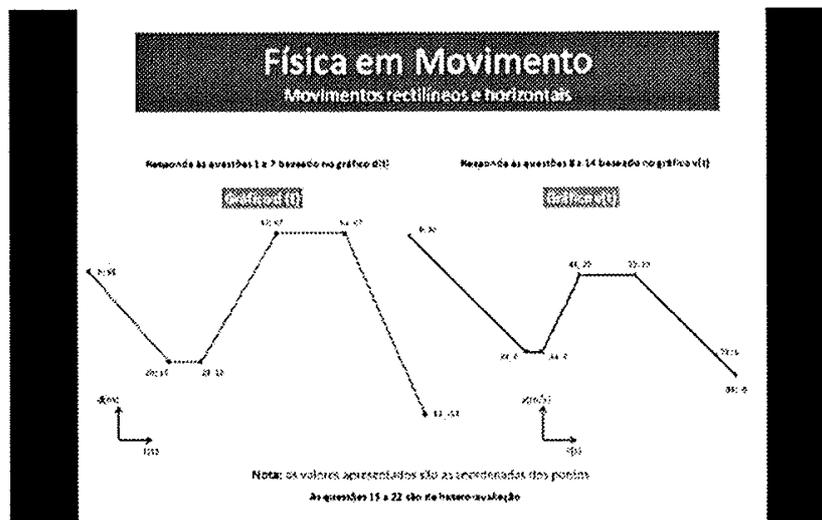


Figura 8. Gráficos videoprojectados de apoio ao questionário.

A análise dos resultados ao questionário, que tinha por base a informação gráfica, permitiu que o professor usasse de imediato estratégias de remediação de dificuldades a alunos receptivos e motivados.

4. Conclusões

A integração de ferramentas tecnológicas na avaliação de aprendizagens foi bem acolhida pelos alunos. A utilização do sistema *TI-Navigator* como ferramenta de avaliação revelou-se simples e eficaz. O sistema, ao facilitar a análise dos

questionários em tempo real, de forma global ou individual, permite ao professor explorar dificuldades, moderar a discussão e orientar estratégias futuras de remediação. Ao armazenar a avaliação aos questionários e as respostas dos alunos ao longo do seu percurso educativo, o sistema também permite a diminuição do trabalho burocrático do professor.

As principais dificuldades sentidas durante o processo relacionam-se, essencialmente, com a gestão logística dos equipamentos e com as limitações de mobilidade. Relativamente às dificuldades de gestão dos equipamentos salientam-se a reposição do nível energético dos *hubs*, o transporte e tempo de ligação do sistema. Relativamente à mobilidade os principais constrangimentos estão associados às limitações de conectividade das calculadoras gráficas. Estas ainda não dispõem de capacidades de ligação a redes sem fios, pelo que só podem conectar-se à rede sem fios através de um cabo ligado a um *hub*, um procedimento que tem reflexos negativos na mobilidade.

REFERÊNCIAS

- Colella, V., Borovoy, R., and Resnick, M. "Participatory Simulations: Using Computational Objects to Learn about Dynamic Systems". Proceedings of the Computer Human Interface (CHI) '98 conference, Los Angeles, April 1998.
- Carolyn Staudt. "Changing How We Teach and Learn with Handheld Computers". Corwin Press, Sage Publications Ltd, 2005; www.corwinpress.com.
- Dufresne, R.J., Gerace, W.J., Leonard, W.J. Mestre, J.P., Wenk, L. "Classtalk: A Classroom Communication System for Active Learning". Journal of Computing in Higher Education v7 p3-47, 1996.
- Krajcik, J., Blumenfeld, B., Marx, R. and Soloway. E. "Instructional, Curricular, and Technological Supports for Inquiry in Science Classrooms". In Minstrel, J. Van Zee, E. (Eds.) Inquiry into inquiry: Science learning and Teaching, American Association for the Advancement of Science Press, Washington, D.C., pgs. 283 -315, 2000.
- Rieger, R., Gay, G. "Using mobile computing to enhance field study". In Proceedings of ACM-Computer Support for Collaborative Learning 97, University of Toronto, Toronto, Canada, 1997.
- Roschelle, J., Abrahamson, L. A., & Penuel, W. R., "Integrating classroom network technology and learning theory to improve classroom science learning: A literature synthesis." Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA, 2004, April 16.
- Roschelle, J., Patricia Schank, Jonh Brecht, Deborah Tatar, S. Raj Chaudhury, "From Response System to Distributed System for Enhanced Collaborative Learning" National Science Foundation #0427783.
- Soloway, E. "Science in the palms of your hands". Communications of the ACM 42(8),21-27, 1999.
- Soloway, E., Norris, C., Blumenfeld, P., Fishman, B., Krajcik, J., & Marx, R. "Learning in the palm of your hand". 2001.

- Staudt, C. and Hsi, S. "Synergy projects and pocket computers".
<http://www.concord.org/library/1999spring/synergyproj.html>
- Thomas Cochrane. "Mobilizing Learning: A Primer for Utilizing Wireless Palm Devices to Facilitate a Collaborative Learning Environment". Learning Technologies, Unitec, New Zealand.
- Thornton, R.K. "Using the Results of Research in Science Education to Improve Science Learning". Keynote address to the International Conference on Science Education, Nicosia, Cyprus, Jan., 1999.