

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/234037798>

Física para todos – concepções erradas em mecânica e estratégias computacionais

Conference Paper · November 1998

CITATIONS

3

READS

42

2 authors:



Carlos Fiolhais

University of Coimbra

164 PUBLICATIONS **14,732** CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Jorge Fonseca e Trindade

Polytechnic Institute of Guarda

57 PUBLICATIONS **195** CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Física para Todos - Concepções Erradas em Mecânica e Estratégias Computacionais

Carlos Fiolhais¹ e Jorge Fonseca Trindade²

¹Centro de Física Computacional
Departamento de Física da Universidade de Coimbra
3000 Coimbra
e-mail: tcarlos@hydra.ci.uc.pt, URL: zeus.fis.uc.pt/cfc/

²Secção Autónoma de Física
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
6300 Guarda
e-mail: alberto@hydra.ci.uc.pt

Resumo

As dificuldades dos alunos na aprendizagem da Física são bem conhecidas. Diversos trabalhos permitem concluir, por um lado, a existência de padrões de raciocínio nos alunos muito semelhantes a uma pré-Física, ou "Física aristotélica" e, por outro, o facto deste problema afectar alunos em todos os níveis de ensino, incluindo estudantes já graduados em Física.

Os diversos modos de utilização do computador (simulação, aquisição e tratamento de dados, multimedia, telemática, etc.) e a crescente diversidade e qualidade de software permitem novas estratégias para a resolução deste

problema. Pela primeira vez, os recursos educativos ao alcance de docentes e discentes permitem formas relativamente eficientes para o ajudar a resolver.

Introdução

É um facto conhecido que a generalidade dos alunos tem grandes dificuldades na compreensão dos fenómenos físicos. O elevado número de reprovações a Física, nos vários níveis de ensino e em vários países, comprova bem a grande dificuldade que os alunos têm na aprendizagem dessa ciência. As Excepções, os alunos que conseguem bons resultados nesta disciplina, são vistos como uma pequena elite, o que faz pensar que a Física seja só para alguns. Pode a Física ser para todos? Como pode a Física ser para todos? Ou melhor, como pode a Física ser cada vez para mais gente?

As causas deste problema não estão devidamente esclarecidas. E, por isso, as soluções também o não estão. Contudo, entre as razões do insucesso na aprendizagem em Física, são geralmente apontados, aos professores, métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem mais recentes, enquanto aos alunos são apontados desenvolvimento cognitivo insuficiente [PI59], deficiente preparação matemática (a Matemática é a linguagem da Física!) e existência de modelos conceptuais relacionados com o senso comum [CKA80]. Devemos ainda acrescentar, especialmente no ensino básico e secundário, a existência de alunos que não têm a mínima vocação para o tema e que portanto só a muito custo poderão vir a ter qualquer sucesso.

Os modelos conceptuais relacionados com o senso comum são particularmente interessantes atendendo à amplitude com que surgem. Com efeito, estudos efectuados por vários investigadores (*e.g.* Trowbridge e McDermott [TM80,81]; Caramazza, McCloskey, e Green [CMG81]; Clement [Cle82]; Champagne e Klopfer [CK82]; Cohen, Eylon e Ganiel [CEG83]; Watts [Wat83]; McDermott [Mcd84]; Halloun e Hestenes [HH85a,b]) indicam um padrão de raciocínio nos alunos muito semelhante a uma pré-Física, ou "Física aristotélica" ou "Física do senso comum", teorias que comandaram o pensamento humano durante largos séculos (Figura 1).

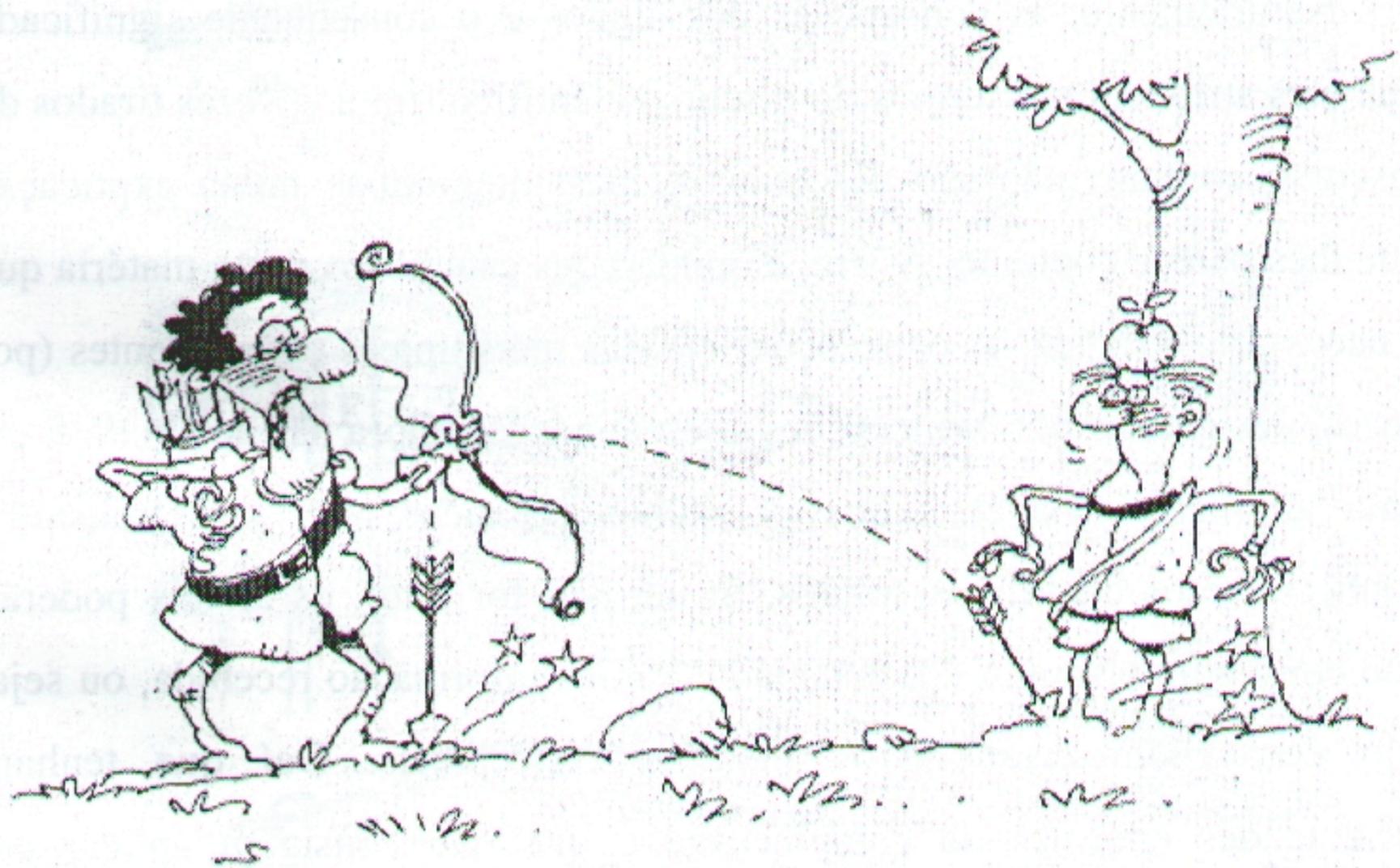


Figura 1 – Falha do senso comum. Se um objecto for largado ao mesmo tempo que um outro é atirado na horizontal, na ausência de resistência do ar, qual deles atinge primeiro o solo? A resposta (errada) frequentemente indicada é que é o objecto largado [Fio94].

A psicogénese individual estaria assim associada à história das ideias da humanidade. Trata-se, segundo os referidos autores, de um tipo de raciocínio baseado em anos de observação e experiência dos alunos na sua vida quotidiana e que entra em conflito com a Física que lhes é ensinada, dificultando a aprendizagem [HH85a]. Apesar deste problema adquirir maiores contornos nos níveis mais básicos de instrução, também se verifica no ensino superior [Hes87]. Um estudo efectuado por Svein Sjøberg e Svein Lie, da Universidade de Oslo, revelou precisamente que tanto estudantes com poucos conhecimentos de Física como outros com mais instrução científica têm idênticos problemas deste tipo [Mcd84].

Naturalmente, as concepções dos alunos e o conseqüente significado que eles atribuem aos termos do discurso científico (muitas vezes tirados do discurso comum) não são desconexos, mas integram-se numa explicação que lhes parece coerente. Assim, é opinião dos estudiosos desta matéria que é necessário irradicar as concepções erradas mais típicas e persistentes (por vezes, designadas por "concepções alternativas", embora não sejam de facto uma alternativa viável...) que os alunos possuem para lhes transmitir conhecimentos científicos sólidos. Se tal não for feito, os alunos poderão não conseguir assimilar correctamente a nova informação recebida, ou seja, não conseguem fixar novos modelos conceptuais. Daí que tenham dificuldades enormes de compreensão e que não consigam aplicar em situações novas os conhecimentos aprendidos.

É necessário que os professores conheçam as concepções erradas mais comuns e que disponham de instrumentos para lidar com elas.

Concepções Erradas em Mecânica

A Mecânica newtoniana é o domínio por excelência de investigação sobre este assunto [GWO82]. Trata-se de uma área cuja compreensão é essencial para a maioria das restantes áreas da Física. Além disso, permite uma fácil identificação dos conceitos errados mais frequentemente enraizados no pensamento dos alunos e ainda uma fácil divisão dos vários assuntos, contribuindo para um trabalho organizado e particionado.

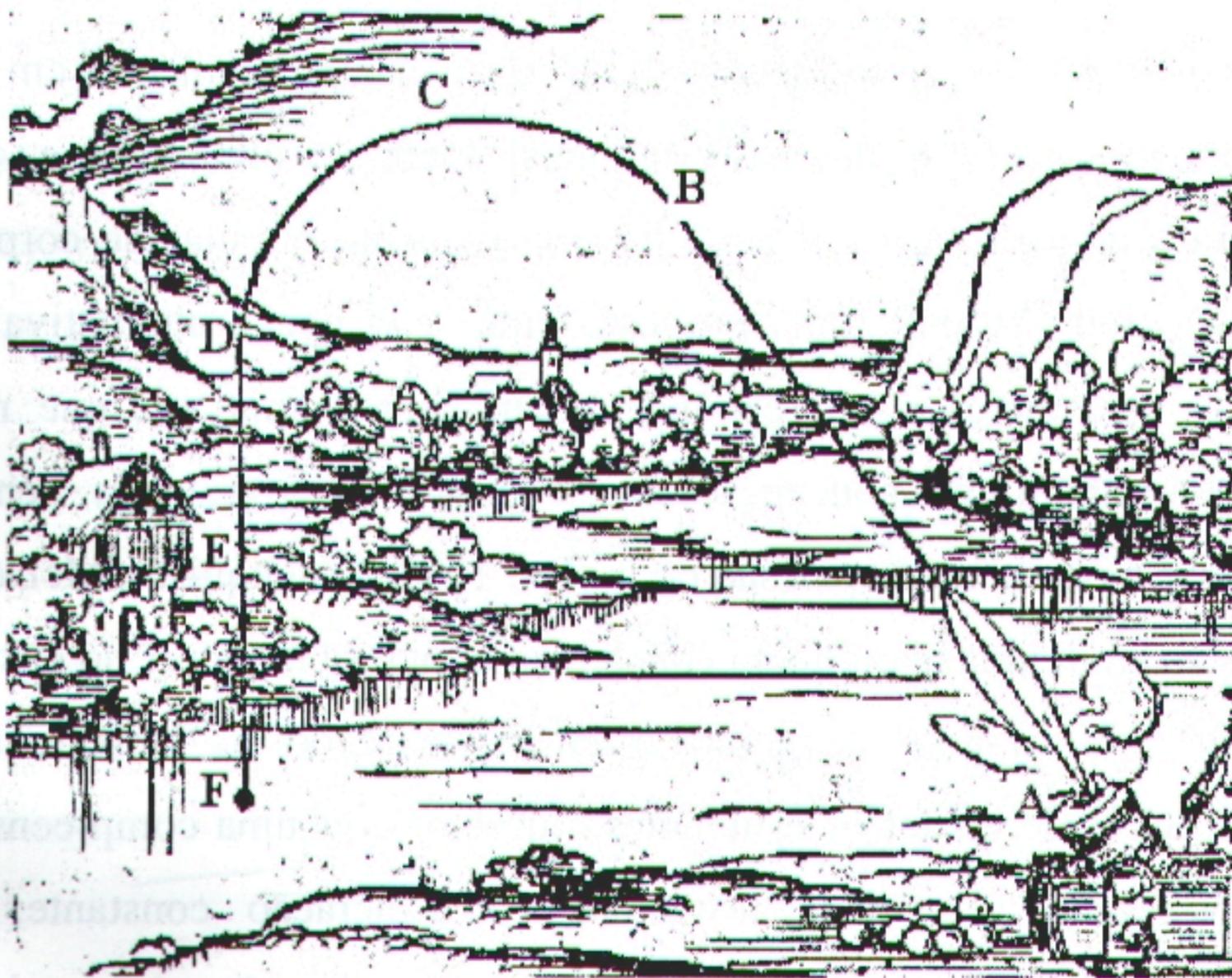


Figura 2 – Teoria do ímpeto. A trajectória de um projectil é descrita com base no ímpeto que lhe é comunicado e no ímpeto do seu peso. O movimento é descrito em três fases: 1ª- o ímpeto comunicado é superior ao do seu peso (trajectória rectilínea AB); o ímpeto inicial vai-se dissipando gradualmente (trajectória curvilínea BCD); 2ª – existe ainda algum ímpeto fornecido no lançamento mas o dominante é o do peso do projectil (trajectória rectilínea DE); 3ª – o ímpeto inicial esgotou-se e o projectil cai verticalmente devido exclusivamente ao ímpeto do seu próprio peso (trajectória rectilínea EF) [Mcc83].

Desta forma, os estudos feitos têm incidido preferencialmente sobre conceitos de cinemática (posição, distância, movimento, tempo, velocidade, aceleração) e de dinâmica (inércia, força, resistência, vácuo, gravidade). Assim, no capítulo da cinemática, Trowbridge e McDermott investigaram as concepções associadas ao conceito de velocidade [TM80] e de aceleração [TM81] a uma dimensão. McCloskey [Mcc83], por sua vez, procurou comparar as concepções dos alunos com a teoria medieval do ímpeto (quando um corpo é colocado em movimento é-lhe comunicado um ímpeto, ou seja, uma força que actua na direcção do movimento) (Figura 2).

O seu ponto de partida foi o estudo de movimento de objectos em queda livre, quando largados de um referencial inercial (Figuras 3 e 4), do movimento de projecteis em geral e do movimento circular de corpos. Já antes Minstrell [Min82] tinha proposto uma "concepção alternativa" para descrever as condições de repouso de um corpo, uma vez que muitos estudantes tinham uma concepção errada sobre a força gravítica, pensando que ela era o resultado da pressão do ar. Em 1987, Rosenquist e McDermott [RM87] fizeram uma abordagem conceptual e mais abrangente do ensino da cinemática, mostrando: a) como o ensino baseado na observação de movimentos pode ajudar os estudantes a desenvolver uma compreensão de conceitos como velocidade instantânea e aceleração constante; b) a distinguir conceitos como posição, velocidade e aceleração; c) a estabelecer relações entre as várias grandezas cinemáticas e a efectuar as suas representações gráficas.

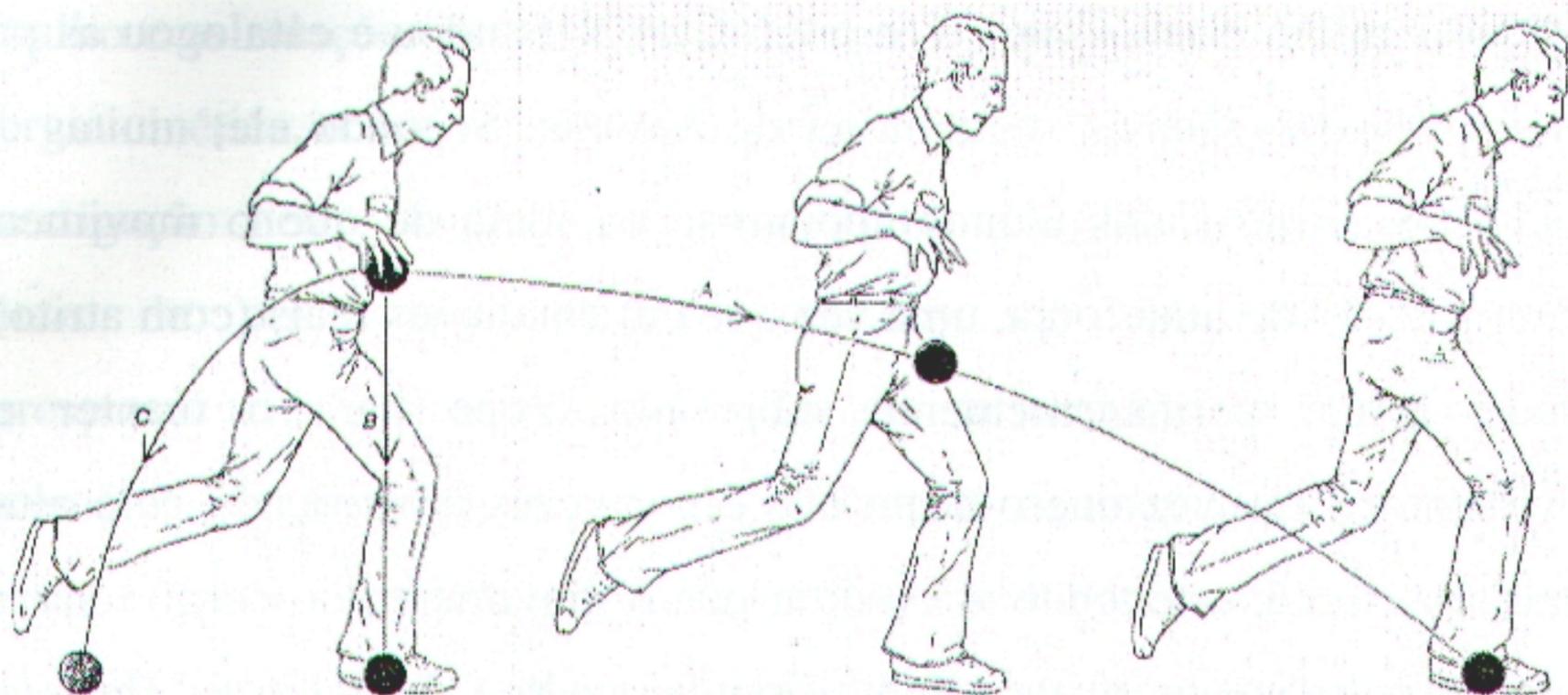


Figura 3 – Bola largada por um corredor em movimento com velocidade constante. As letras B e C representam a maioria das respostas dadas pelos alunos sobre a possível trajetória da bola [Mcc83].

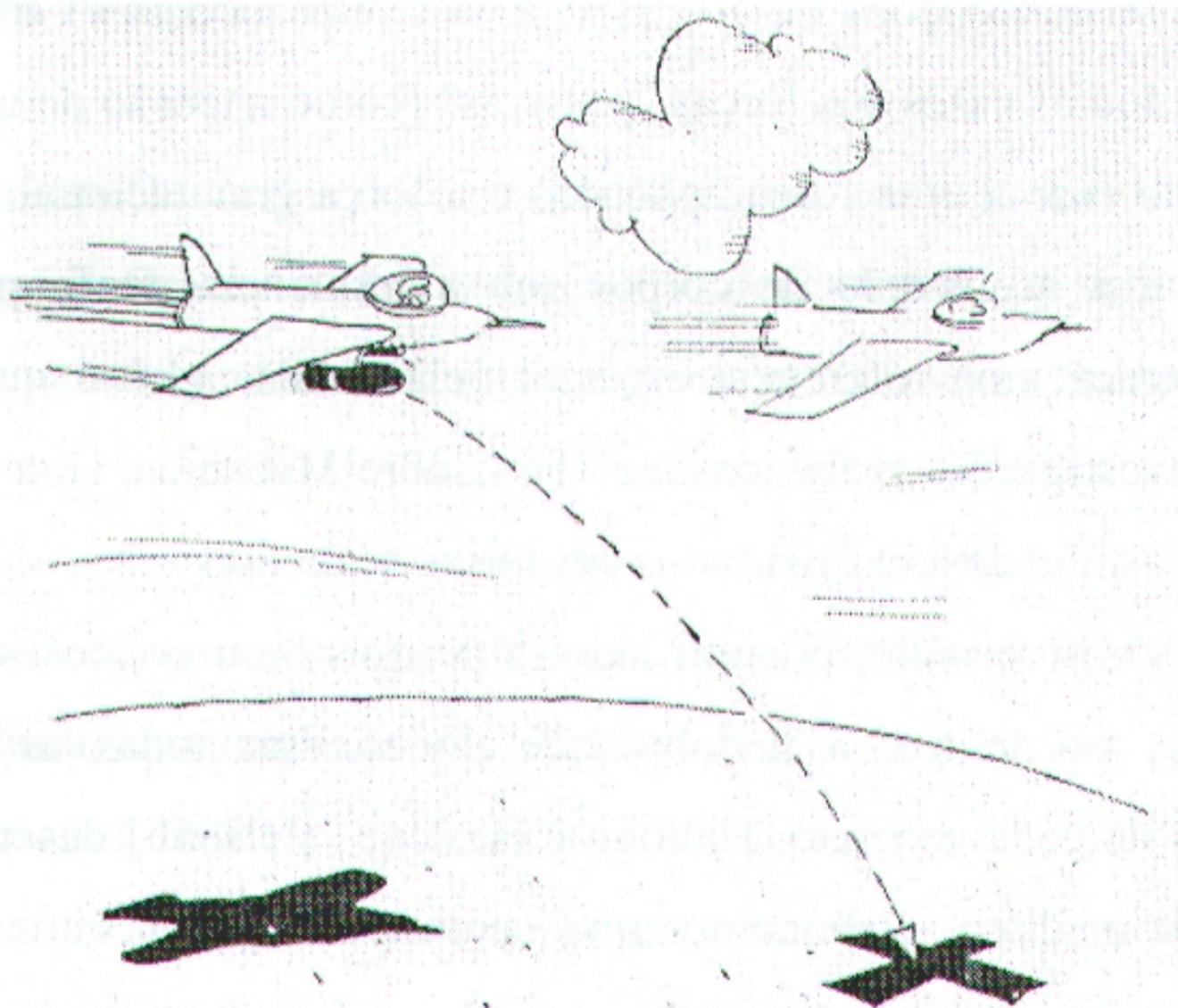


Figura 4 – Trajetória de um projétil lançado de um avião com velocidade constante. Esta situação é idêntica, do ponto de vista físico, à da Figura 3. A descrição da trajetória depende do referencial utilizado: avião – trajetória retilínea; solo – trajetória parabólica [Fio94].

No domínio da dinâmica, Clement [Cle82] estudou e catalogou as pré-concepções associadas à segunda lei de Newton. Segundo ele, muitas das concepções erradas dos alunos apoiam-se na ideia de que o movimento requer a acção de uma força, uma vez que em condições reais (com atrito) é preciso actuar permanentemente sobre um corpo para o manter em movimento. Uma vez que o atrito não é por vezes identificado pelo aluno como uma força, este tende a acreditar que o movimento do corpo requer a actuação permanente de uma força impulsionadora. Mais tarde, Hestenes, Wells e Swackharner [HWS92], apoiando-se na ideia de força como conceito central da Mecânica newtoniana, inventariaram as concepções dos alunos sobre aquela grandeza. Também McDermott [Mcd84] efectuou estudos sobre concepções de forças e a sua relação com o movimento. Assim, estudou os casos das forças "passivas" (como a tensão de uma corda, que se ajusta face a uma força aplicada) e a força gravitacional, e ainda a velocidade e a aceleração de corpos sob a influência de forças. O seu trabalho merece uma referência especial pela análise global que procura fazer das investigações realizadas até 1984 sobre Mecânica, sintetizando as características que devem orientar as pesquisas deste tipo.

Em 1985, invocando, por um lado, a pesquisa um pouco espartilhada até então e, por outro, a inviabilidade de analisar todas as variações conceptuais de cada conceito, Halloun e Hestenes [HH85b] desenvolveram um trabalho análogo, elaborando uma taxonomia de conceitos do senso comum sobre movimento. Categorizaram esses conceitos em princípios do movimento (leis de Newton) e influências no movimento. Algumas destas ideias foram corroboradas por trabalhos de outros autores, nomeadamente Lawson e McDermott [LM87], que estudaram os conceitos de impulso e

trabalho e as relações destes com mudanças na quantidade de movimento e energia cinética, o que representou um contributo inovador devido à escassa investigação neste domínio até essa altura. Pretendiam averiguar se os alunos de posse dos conceitos básicos são capazes de efectuar correspondências entre a observação do movimento e o formalismo matemático correspondente. O choque entre a linguagem comum e a linguagem, mais abstracta mas mais precisa, da Matemática é um factor bem conhecido de falha de compreensão. A Física tem uma outra atracção se souber usar, sempre que possível e antes de entrar nos pormenores formais, na linguagem comum.

Implicações Pedagógicas

É da competência dos docentes proporcionar aos alunos experiências de aprendizagem eficazes e inovadoras, indo de encontro às dificuldades de cada um e actualizando, tanto quanto possível, os meios pedagógicos que utilizam. Para Hestenes [Hes87], por exemplo, há razões para acreditar que os métodos tradicionais de ensinar Física são inadequados. Segundo o autor, a utilização de técnicas de instrução inovadoras e atraentes, que dêem ênfase à compreensão qualitativa dos princípios físicos, devem ser encorajadas. Como afirmam Lawson e McDermott [LM87], não são de admirar falhas na aprendizagem se os conceitos mais complexos e difíceis de visualizar, como o impulso e o trabalho, forem só apresentados verbal ou textualmente. A realização de experiências, a utilização de meios audiovisuais e o aproveitamento de software adequado podem, não sendo elixires para o sucesso, facilitar o processo de ensino [Tao97].

Sabemos bem como a experimentação desempenha um papel insubstituível em Física e no ensino da Física. Mas debrucemo-nos em particular sobre os meios computacionais que hoje estão ao nosso dispor (ver [FT98] para uma classificação dos modos de utilização do computador em Física).

As tecnologias baseadas em computador (aquisição de dados por computador, simulações computacionais, multimedia, telemática, e, mais recentemente, realidade virtual) oferecem inegavelmente um grande número de possibilidades para ajudar a resolver os problemas referidos [TF98]. Champagne, Klopfer e Anderson [CKA80] por exemplo, sugerem a utilização do computador na aquisição de dados de experiências em laboratório. Hoje tal utilização encontra-se cada vez mais generalizada. Propõem também a simulação computacional de sistemas baseada nas ideias de Aristóteles, do ímpeto e, finalmente, de Newton. Os alunos usariam assim as representações visuais para descreverem e interpretar o comportamento dos corpos com base nas várias teorias, podendo concluir qual delas é a mais adequada.

Os alunos que tentam desenvolver o pensamento newtoniano sobre movimento encontram problemas típicos que um bom ambiente simulado, a cuja concepção presidiu a preocupação pedagógica pela heurística, pode ajudar a resolver (Figura 5). Isto pode ser feito numa fase inicial da aprendizagem pois os alunos não necessitam de dominar as equações para utilizar a simulação. Se aos estudantes forem dadas equações como modelo primário de conhecimento físico, eles são colocados numa posição onde nada nas suas ideias comuns é parecido ou reconhecido como Física. Isto é o tipo de situação que mais dificulta a aprendizagem aos alunos [Pap80]. A

reunião de simulações com experiências reais fornece um ambiente particularmente rico do ponto de vista pedagógico que ajuda a substituir ideias comuns por ideias científicas.

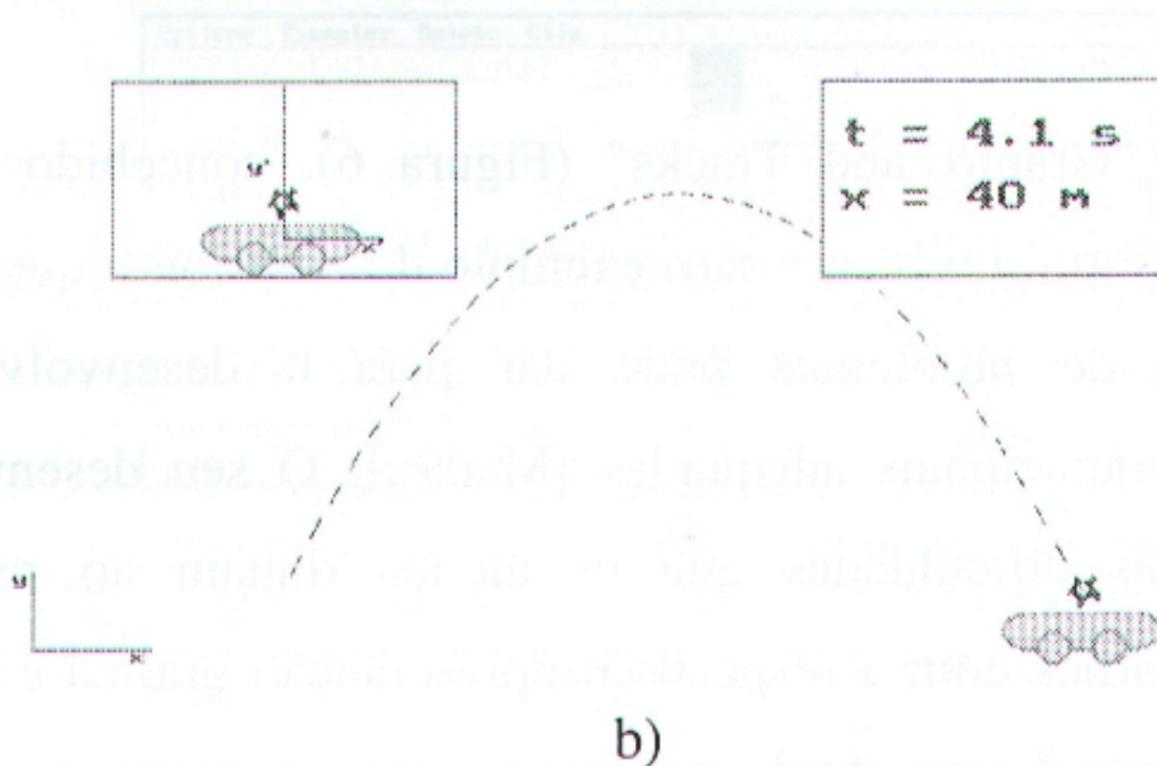
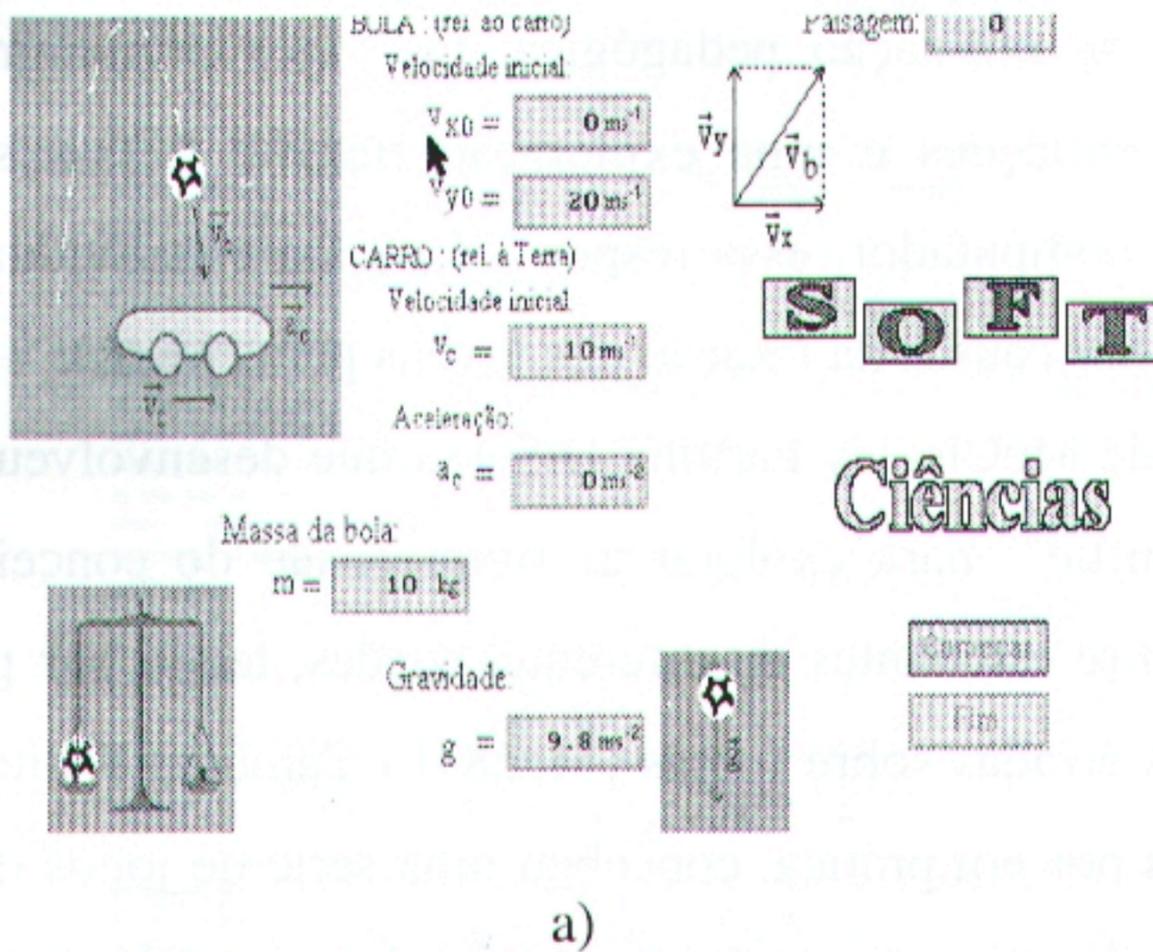


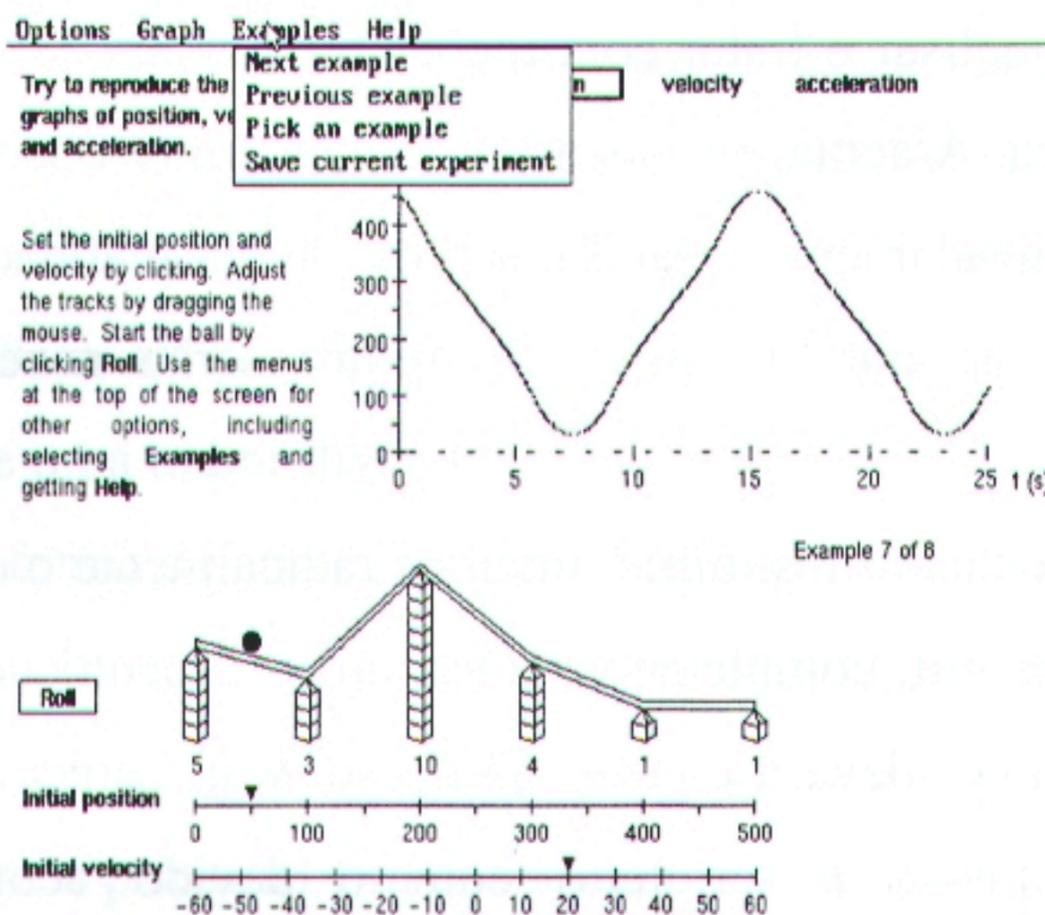
Figura 5 – "Movimento Relativo" editado pela Acção Comum Softciências das Sociedades Portuguesas de Física, Química e Matemática. Atribuindo valores a várias grandezas (a) é possível analisar o comportamento de um projectil em dois referenciais distintos (b) [Omn98].

McCloskey [Mcc83] sugere a utilização do computador como uma ferramenta lúdica referindo que algumas experiências com jogos de computador podem ser extremamente úteis na aprendizagem. Com efeito, algumas das melhores simulações têm o carácter de jogo, o que aumenta o seu potencial de utilização pedagógica. Os jogos permitem uma grande variedade de situações e uma exploração flexível dessas situações pelo jogador (num computador, essa resposta é rápida e individualizada, o que constitui uma das causas da fixação dos jovens pelos jogos).

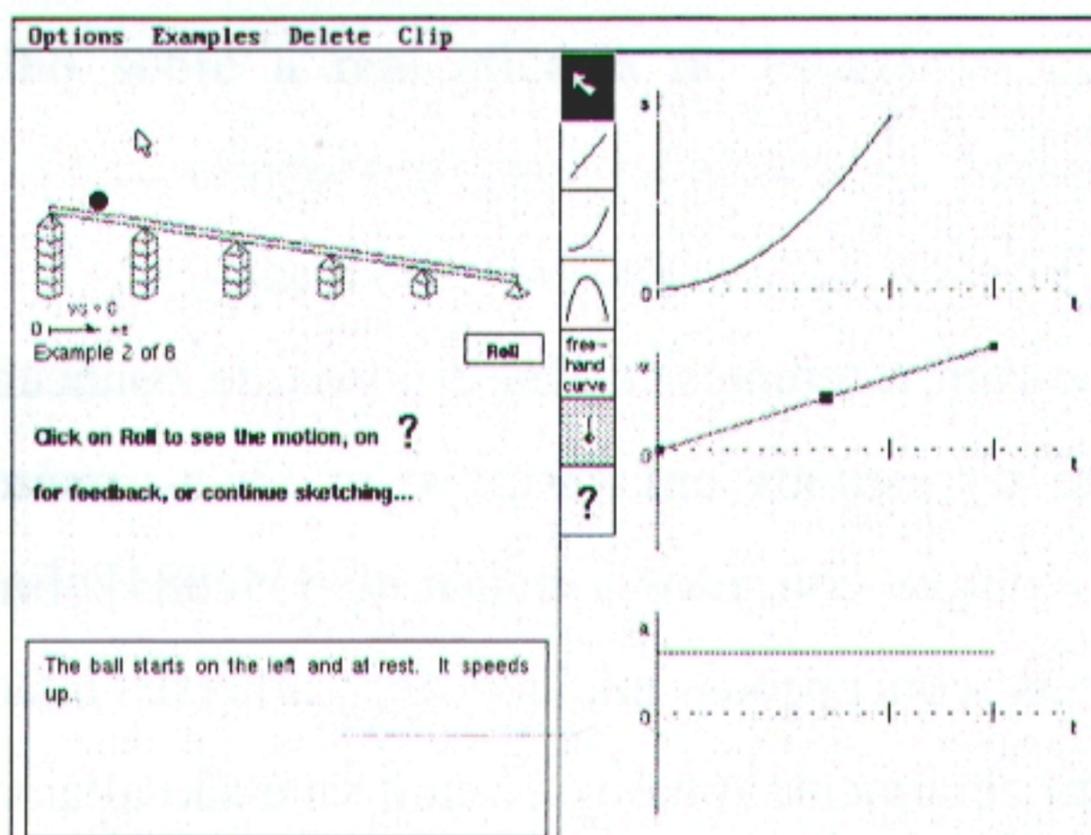
Da ideia de McClosley partilha DiSessa que desenvolveu uma série de jogos ("dynaturtle") para explorar a compreensão do conceito de força e movimento entre estudantes de diferentes idades, tendo por pano de fundo as concepções erradas sobre forças [Mcd84]. Também White defende esta ideia e, para a por em prática, concebeu uma série de jogos de computador para alunos do ensino superior destinados a colmatar dificuldades conceptuais que havia previamente identificado com a ajuda de pré-testes [Mcd84].

O software "Graphs and Tracks" (Figura 6), concebido por David Trowbridge, constitui um bom e raro exemplo do contributo que a pesquisa sobre este tipo de problemas pode dar para o desenvolvimento de ferramentas computacionais adequadas [Mcd90]. O seu desenvolvimento teve por base as dificuldades que os alunos tinham ao relacionar o movimento de corpos com a respectiva representação gráfica e vice-versa. Assim, o programa é constituído por duas partes: a partir da observação gráfica do comportamento de um corpo (do espaço, da velocidade ou da aceleração em função do tempo) o aluno tem que inferir sobre a respectiva trajectória (parte I); na outra situação, os alunos têm que descrever

graficamente o comportamento de um corpo depois de observarem o seu movimento (parte II). Às acções do utilizador o software vai respondendo com "feedback" apropriado, de reforço se a resposta for correcta, ou com indicações apropriadas para obter a solução desejada, se a resposta for errada.



a)



b)

Figura 6 – "Graphs and Tracks": a) Parte I: da análise dos gráficos ao estudo do movimento; b) Parte II: do movimento aos gráficos [Mcd90].

Hoje em dia, temos à nossa disposição toda uma série de software educacional, algum com o carácter de jogo, que permite enfrentar dificuldades de aprendizagem, embora faltem estudos sistemáticos sobre as vantagens reais da sua utilização. Decerto que são eficazes para lidar com problemas de falta de motivação, mas falta saber até que ponto tal software é eficaz para analisar e tratar concepções erradas em Mecânica ou noutros ramos da Física. A actual sofisticação de meios multimedia (cada vez mais atractivos, nomeadamente, usando as técnicas da realidade virtual [TF96]) permite adivinhar que os meios do futuro serão necessariamente mais apropriados.

Esses meios não substituirão inteira e radicalmente o ensino tradicional, mas poderão ser um complemento ajustado às dificuldades específicas dos alunos. Para tanto, deve a concepção do software educativo estar ligada à didáctica da Física e ser feito com o devido acompanhamento de especialistas na prática e no ensino da Física.

Conclusões

Estudantes com diferentes idades e níveis de conhecimento começam frequentemente os estudos em Física com ideias muito similares mas inconsistentes com os conceitos a transmitir [Mcd84]. Emergem dos seus estudos com as concepções iniciais praticamente intactas. Estas pré-concepções têm geralmente uma base intuitiva e são altamente resistentes à instrução. Consequentemente, os alunos tentam sistematicamente interpretar a matéria de Física de forma incorrecta [HH85a] e simplesmente memorizar algumas das formulas que lhes são ensinadas. Muitos estudos têm sido

feitos para analisar as ideias dos estudantes, as suas concepções, explicações, etc. de forma a entender porque é que tantos alunos acham a Física difícil. Concluiu-se desses estudos que as respostas erradas dos alunos não são aleatórias. Pelo contrário, em muitos casos há uma regularidade nessas respostas entre estudantes de diferentes idades, origens, etc. [Hew85].

As recentes tecnologias baseadas em computador abrem novas perspectivas na resolução deste problema. O professor passa a dispor de possibilidades adicionais para transmitir e demonstrar as matérias e os alunos dispõem de uma maior diversidade de meios para aprender e adequá-los ao seu ritmo e forma de aprendizagem. Algum do software, que reveste a forma de jogo interactiva, é particularmente promissor para aprender ciência em geral e Física em particular. Desta forma abrem-se perspectivas para adequar meios para o principal fim em vista, que é o de permitir a todos os alunos melhores resultados na aprendizagem da Física.

Muito trabalho sobre a real eficácia de estratégias computacionais permanece por fazer e terá necessariamente de ser feito. Naturalmente que a tecnologia só por si não basta (nunca bastou!), cabendo ao professor o papel essencial na forma de utilização e rentabilização desses meios pedagógico e aos alunos um esforço efectivo de aprendizagem. Se a Física talvez não possa ser para todos, deve pelo menos tentar ser para o maior número possível de pessoas...

Referências

- [CEG83] Cohen, R., Eylon, B. e Ganiel, U., "Potential difference and current in simple electric circuits. A study of students concepts", *Am. J. Phys.* **51** (1983) 407.
- [CK82] Champagne, A. e Klopfer, L., "A causal model of students' achievement in a college Physics course", *J. Res. Sci. Teach.* **19** (1982) 299.
- [CKA80] Champagne, A., Klopfer, L. e Anderson, J., "Factors influencing the learning of classical Mechanics", *Am. J. Phys.* **48** (1980) 1074.
- [Cle82] Clement, J., "Student's preconceptions in introductory Mechanics", *Am. J. Phys.* **50** (1982) 66.
- [CMG81] Caramazza, A., McCloskey, M. e Green, B., "Naive beliefs in 'sophisticated' subjects: misconceptions about trajectories of objects", *Cognition* **9** (1981) 117.
- [Fio94] Fiolhais, C., "Física Divertida", 4ª ed., Gradiva, Lisboa (1994).
- [FT98] Fiolhais, C. e Trindade, J., "Use of computers in Physics education", *Proceedings of the "Euroconference'98 – New Technologies for Higher Education"*, Aveiro, Setembro (1998).
- [GWO82] Gilbert, J., Watts, D. e Osborne, R., "Students' conceptions of ideas in Mechanics", *Phys. Educ.* **17** (1982) 62.
- [Hes87] Hestenes, D., "Toward a modeling theory of Physics instruction", *Am. J. Phys.* **55** (1987) 440.
- [Hew85] Hewson, P., "Diagnosis and remediation of an alternative conception of velocity using a microcomputer program", *Am. J. Phys.* **53** (1985) 684.
- [HH85a] Halloun, I. e Hestenes, D., "The initial knowledge state of college

Physics students", Am. J. Phys. **53** (1985) 1043.

- [HH85b] Halloun, I. e Hestenes, D., "Common sense concepts about motion", Am. J. Phys. **53** (1985) 1056.
- [HWS92] Hestenes, D., Wells, M. e Swackhamer, G., "Force concept inventory", Phys. Teach. **30** (1992) 141.
- [LM87] Lawson, R. e McDermott, L., "Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems", Am. J. Phys. **55** (1987) 811.
- [Mcc83] McCloskey, M., "Intuitive Physics", Sci. Am. **249** (1983) 114.
- [Mcd84] McDermott, L., "Research on conceptual understanding in Mechanics", Phys. Today **37** (7) (1984) 24.
- [Mcd90] McDermott, L., "Research and computer-based instruction: opportunity for interaction", Am. J. Phys. **58** (5) (1990) 452.
- [Min82] Minstrell, J., "Explaining the "at rest" condition of an object", Phys. Teach. January (1982) 10.
- [Pap80] Papert, S., "Mindstorms - Children, Computers, and Powerful Ideas", Basic Books, New York 1980.
- [PI59] Piaget, J. e Inhelder, B., "Experimental Psychology: Its Scope and Method", Vol. 7, editado por P. Fraisse e J. Piaget (Routledge and Kegan Paul, London, 1959), 147.
- [RM87] Rosenquist, M. e McDermott, L., "A conceptual approach to teaching kinematics", Am. J. Phys. **55** (1987) 407.
- [Omn98] <http://www.fis.uc.pt/~softc/omni98/>
- [Tao97] Tao, P., "Students' alternative conceptions in Mechanics with the force and motion microworld", Comp. in Phys. **11** (2) (1997) 199.
- [TF96] Trindade, J. e Fiolhais, C., "A realidade virtual no ensino e aprendizagem da Física e da Química", Gazeta de Física **19** (1996) 11.

- [TF98] Trindade, J. e Fiolhais, C., "Difficulties in Physics learning – students preconceptions and new computational methods", *British Journal of Educational Technology* (submitted).
- [TM80] Trowbridge, D. e McDermott, L., "Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension", *Am. J. Phys.* **48** (1980) 1020.
- [TM81] Trowbridge, D. e McDermott, L., "Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension", *Am. J. Phys.* **49** (1981) 242.
- [Wat83] Watts, D., "A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force", *Eur. J. Sci. Educ.* **5** (2) (1983) 217.