

PEER INSTRUCTION COMO ESTRATÉGIA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DA FÍSICA

Paulo Simeão Carvalho

Departamento de Física e Astronomia, IFIMUP-IN, UEC, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, s/n, 4169-007 Porto, Portugal; psimeao@fc.up.pt

Resumo

A Peer Instruction é habitualmente traduzida para português como “Ensino de pares” ou “Ensino pelos Colegas”, embora talvez a forma mais correta seja “Ensino entre pares”. Esta designação traduz uma abordagem de ensino na qual o professor cria condições, no decurso da prática letiva, para que os estudantes tenham uma participação ativa na construção do conhecimento.

A Peer Instruction não é totalmente uma novidade do século XX. As suas origens remontam à época Socrática (V a.C.), onde já nessa altura se reconhecia a importância da verbalização, da argumentação, do diálogo e do debate de ideias no questionamento dos valores da sociedade; esta abordagem foi continuada por Platão e seu discípulo Aristóteles, na construção da Ciência e na interpretação do Mundo Natural.

Nos anos 90, os trabalhos de Eric Mazur na Universidade de Harvard e sobretudo a publicação do seu livro Peer Instruction, deram à Instrução entre Pares uma visibilidade sem precedentes, que se mantém até hoje. Entretanto, o surgimento de Recursos Educativos Digitais (RED) e a exploração de novos contextos educativos abriu uma nova porta à implementação da Peer Instruction, dentro e fora da sala de aulas.

Qual a vantagem desta metodologia? Como é que ela potencia o grau de interatividade dos estudantes? Quais os recursos necessários para a implementar? Que estratégias de ensino e aprendizagem podem fazer uso da Peer Instruction e como implementá-la?

Além das questões acima referidas, há ainda o aspeto logístico da implementação desta metodologia: qualquer sala de aula serve, ou teremos de repensar o modelo tradicional de sala de aula? E que dizer sobre as exigências na formação inicial e contínua dos professores?

Por outro lado, como avaliar o impacto da Peer Instruction nos estudantes?

Neste trabalho iremos mostrar alguns resultados do impacto do ensino interativo com recurso à Peer Instruction, na aprendizagem de física introdutória em estudantes de escolas do ensino básico e secundário português.

Palavras-chave: *peer instruction*; ensino interativo; recursos educativos digitais; abordagem conceptual; simulações

Introdução

Ensinar não é o mesmo que aprender. Embora haja quem considere que só existe verdadeiro ensino quando ele se traduz numa aprendizagem efetiva, essa definição não contém o significado habitual que lhe é atribuída. Ensinar é um ato inerente a quem transmite algo (o professor) enquanto o aprender é uma faculdade pessoal de quem recebe esse algo (o estudante).

No século V a.C., Sócrates iniciava o diálogo filosófico com os seus discípulos com uma discussão sobre uma temática onde todos podiam contribuir com a sua opinião pessoal. O objetivo seria testar os alicerces das diferentes ideias, sobretudo expondo os seus pontos fracos, para as desconstruir e expor as incoerências de opiniões. Este processo era seguido de uma reconstrução orientada pelo próprio Sócrates, das ideias em discussão partindo de argumentos sólidos e concretos, minimizando a abstração excessiva até chegar ao (re)nascimento das ideias. Sócrates percebeu que as pessoas aprendem melhor chegando por elas próprias a uma conclusão, que obtendo a resposta de outros (Abrahamson, 1998). Esta escola primitiva da Grécia Antiga (escola Socrática), cujo conhecimento chegou até nós através dos diálogos de Platão (Jowett, 1911) e escritos de Aristóteles, influenciou profundamente o pensamento científico e em particular a forma de encarar o ensino e a aprendizagem do Mundo Natural (Pires, 2008).

Concretamente, o que está na essência do diálogo Socrático é uma atividade cooperativa em que indivíduos com diferentes experiências de vida e graus de conhecimento, procuram chegar a uma convergência de ideias. Isto é exatamente o que acontece com o professor e seus estudantes numa sala de aulas. Frequentemente, o professor coloca questões, propõe tarefas na sala de aulas, marca trabalhos para casa e promove discussões com o seu grupo de estudantes; estamos perante um ensino com algum grau de interatividade, que supostamente deveria dar bons resultados. Então, por que razão os estudantes têm tanta dificuldade em aprender Física?

A resposta a esta questão está na maneira como os estudantes aprendem. Os professores esforçam-se por ensinar da forma que consideram a melhor para os estudantes aprenderem. Esta é a visão do professor, construída pelas suas experiências pessoais como professor e como (antigo) aluno, as quais lhe servem de referência. Infelizmente ela não coincide, numa boa parte das vezes, com a que efetivamente é melhor para a aprendizagem dos estudantes. Os estudos sobre cognição revelam que tudo o que aprendemos é resultado de uma construção pessoal. Ou seja, a aprendizagem dos estudantes é feita por eles próprios e este processo individual está apenas indiretamente relacionado com o professor e o ensino. O facto do professor expor de forma brilhante um conteúdo não garante que o cérebro dos estudantes processem adequadamente essa informação. Assim, o professor tem de promover um grau de interatividade no ensino, que lhe permita saber o que realmente os estudantes pensam sobre um dado assunto, como o explicam e de que forma o integram com outros conteúdos, ou seja, qual o modelo mental que desenvolveram para um determinado fenómeno ou campo conceptual, para depois poderem adequar as suas estratégias letivas. O Ensino Interativo permite aceder a essa informação, que é vital para a aprendizagem.

Para Abrahamson¹, há três aspetos a favor do Ensino Interativo: o aspeto “Sumativo” (a investigação em ensino da Física (Hake, 1998) mostra que os resultados da aprendizagem com ensino interativo e *feedback* imediato são tão ou mais efetivos que os do ensino expositivo, dito tradicional), o aspeto “Formativo” (é possível dirigir o progresso mental do estudante mediante tarefas, que lhe desenvolvem capacidades de elevada cognição) e o aspeto “Motivacional” (a participação em atividades, o reconhecimento das suas ideias, o debate de opiniões e o gosto do sucesso alcançado, são fatores motivacionais que podem fazer toda a diferença na aprendizagem de um estudante). Há, assim, que alterar os paradigmas tradicionais da educação, sobretudo nas Ciências, para alcançar os objetivos da aprendizagem. Os recursos multimídia e educativos digitais são ferramentas poderosas que podem catapultar essa mudança dos métodos de ensino.

No contexto da transformação social atual, o recurso a técnicas de trabalho colaborativo e cooperativo tem grande importância na dinâmica empresarial e é tido como fator indispensável ao crescimento económico e tecnológico, pois facilita a potenciação da aprendizagem tanto individual como coletiva e a otimização de recursos. Esta visão deve ser transportada para a sala de aulas, na forma de metodologia de ensino e aprendizagem.

A *Peer Instruction* e o Ensino Interativo

De uma forma geral, pode-se dizer que o Ensino Interativo é toda a forma de instrução que permite ao estudante expor os seus pontos de vista e participar de forma ativa na construção do seu conhecimento.

Na adaptação da escola à sociedade emergente, a participação ativa dos estudantes na sua própria aprendizagem ganha, assim, um valor acrescido. Ela consegue-se atribuindo um papel interventivo ao estudante, valorizando as suas ideias (em vez de as criticar negativamente), procurando a sua participação (em vez de a impedir), estimulando a argumentação entre os alunos (em vez de os manter calados) e incentivando a aprendizagem em grupo (em detrimento da aprendizagem solitária). É assim que surge a “Instrução entre Pares”, ou *Peer Instruction*.

A *Peer Instruction* (PI) é uma técnica de ensino interativa vocacionada essencialmente para a sala de aulas, pela qual os estudantes aprendem uns com os outros através da discussão de conceitos. (Crouch et al., 2007; Crouch & Mazur, 2001; Mazur, 1997). A ideia fundamental da *Peer Instruction* é confrontar os estudantes com situações ou fenómenos intrigantes, de preferência contra-intuitivos, que os leve a refletir primeiro sobre as suas ideias, depois sobre ideias dos outros e analisando os argumentos que as sustentam, por forma a construir finalmente uma nova e sustentável ideia. A *Peer Instruction* é, portanto, uma técnica de aprendizagem em grupo.

Alguns aspetos característicos da aprendizagem entre pares, são:

¹ A. Louis Abrahamson, *What IS Interactive Teaching?* Consultado em 06/01/2015 de <http://www.bedu.com>.

- Situações de aprendizagem diferentes dos manuais escolares.
- Grupos de discussão de tamanho considerável (>20 pessoas).
- Ocupa uma boa parte da carga horária (cerca de 1/3 do tempo letivo).
- Necessidade dos estudantes se prepararem previamente para a aula (trabalhos de casa, leitura do manual e de textos complementares, tarefas de pesquisa, ...).
- Uso (intensivo) do raciocínio crítico durante as aulas.
- Situações de conflito ideológico e argumentação.
- Motivação (quase) permanente.
- Proximidade do professor com as reais dificuldades conceituais dos estudantes.

A PI é, pelas características acima referidas, uma componente fundamental na implementação efetiva de um ensino interativo. A aprendizagem pode ser potenciada se a PI for complementada com estratégias de *feedback*, que permitam ao professor adequar as aulas e as tarefas da instrução entre pares às dificuldades dos estudantes – é o caso do *Just-in-Time Teaching* (Novak et al., 1999), abreviadamente JiTT. Assim, a PI e o JiTT produzem informações para o professor de forma diferente: a PI dá um feedback em tempo real, enquanto que o JiTT dá um feedback assíncrono (Mazur & Watkins, 2009).

Implementação da *Peer Instruction* na sala de aulas

A dinâmica numa sala de aulas está condicionada por diversos fatores. A PI, sendo uma das ferramentas dessa dinâmica, não é exceção. Só existe uma verdadeira interatividade entre os estudantes quando a temática em debate é motivadora, os conteúdos são minimamente conhecidos pelos estudantes (não se pode debater o que não se sabe!) e existe uma pluralidade de opiniões (divergentes e/ou convergentes, mas diferentes) sobre o assunto.

Assim, é fundamental uma escolha das questões a apresentar aos estudantes, preferencialmente de carácter contra-intuitivo. A tomada de decisão (no momento) sobre como proceder face às respostas dos estudantes é da responsabilidade do professor, tendo em conta a qualidade da intervenção dos estudantes e dos conteúdos em debate – ele terá de decidir se há necessidade de visitar os conteúdos, se avança com o debate conceptual ou se passa de imediato para a explicação do problema/questão ou fenómeno. Podemos sintetizar essas escolhas na figura 1 (Lasry et al., 2008).

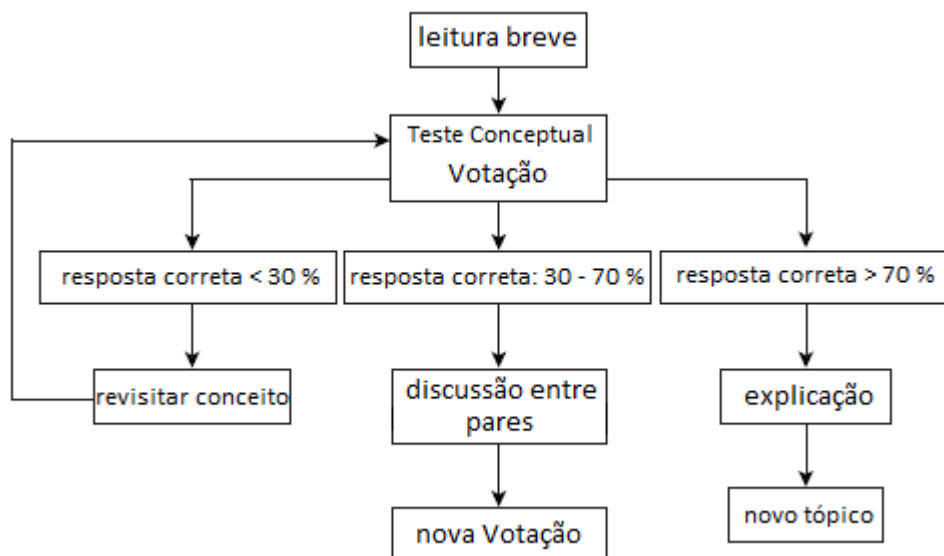


Figura 1: Esquema de implementação da instrução entre pares: apenas para respostas corretas entre 30 e 70 % é que a discussão entre pares é relevante. Os valores percentuais indicados são estimativas. Adaptado de Lasry et al. (2008).

Recursos Educativos e a Peer Instruction

Há diversas abordagens didáticas e Recursos Educativos que ajudam a implementar um ensino e aprendizagem interativo, dentro e fora da sala de aulas. Como exemplo de alguns desses recursos, temos as Questões Conceituais (QC) estáticas e dinâmicas, as Atividades Experimentais Virtuais (AEV), os Questionários (*Quizzes*), os Roteiros de Exploração de Vídeo Educativo (REVE) e de Software Educativo (RESE) (Quintas, 2012), as Atividades Experimentais Baseadas em Vídeo (AEBV), a Aprendizagem Baseada em Computadores (ABC) (*Microcomputer Based Learning*) (Sokoloff et al., 1999-2004), entre outras.

A característica comum a todos estes recursos é que favorecem o envolvimento ativo dos estudantes durante a sua utilização em atividades práticas (*hands-on*) e exigem uma atitude reflexiva e crítica do trabalho realizado (*heads-on*). Por outro lado, permitem o desenvolvimento de competências diversificadas tais como as sintetizadas na tabela 1.

Na *Peer Instruction*, procura-se que os estudantes debatam ideias, desenvolvam capacidades de argumentação das suas posições e façam uso de uma linguagem científica apropriada. A interpretação de um fenómeno ou situação física deve ser conseguida pelo próprio estudante, expondo o seu modelo mental, cruzando-o com o dos colegas e aferindo o que é (e o que não é) uma ideia científica coerente. Neste processo, o papel do professor é maioritariamente o de orientar a discussão, abstendo-se o mais possível de mostrar preferência por esta ou aquela ideia em debate e questionando frequentemente as opiniões dos estudantes, mesmo aquelas que ele sabe estarem corretas (esta é uma forma de testar a coerência e solidez do modelo mental desses estudantes). Nesse contexto,

alguns recursos educativos, nomeadamente os Recursos Educativos Digitais (RED) vêm facilitar muito desse trabalho na sala de aulas e transportam-no para fora dela.

Tabela 1: categorias de aprendizagens de acordo com a taxonomia de Bloom (1956). São também apresentados os tempo verbais característicos correspondentes a essas categorias.

Categorias	Verbos
Conhecimento	Identificar, definir, descrever, enumerar, selecionar...
Compreensão	Classificar, resumir, distinguir...
Aplicação	Demonstrar, resolver, relacionar...
Análise	Diferenciar, estimar, ordenar...
Síntese	Criar, desenhar, construir, formular...
Avaliação	Comparar, justificar, concluir...

Vejamos então alguns exemplos concretos da utilização da *Peer Instruction* com diferentes recursos educativos.

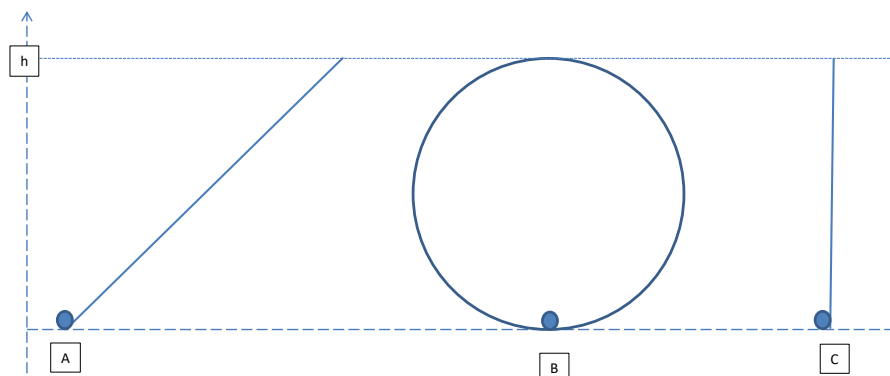
1. Questões Conceptuais

As QC são a ferramenta preferida da PI e estão na origem desta técnica interativa (Mazur, 1997). A tipologia mais habitual é a da resposta múltipla, mas há outros formatos possíveis. Resumidamente, podemos ter:

- Escolha múltipla.
- Resposta guiada.
- *Ranking Tasks*.
- Resposta aberta.

Vejamos o seguinte exemplo:

As bolas **A**, **B** e **C** são idênticas e percorrem calhas como as representadas na figura seguinte. Durante o movimento, as forças de atrito e a resistência do ar devem ser desprezadas. Considere que as bolas são lançadas, ao longo das respetivas trajetórias, com o mesmo valor de velocidade inicial, da posição indicada na figura. A bola **C** atinge a altura **h** e para.



Comparando o movimento das bolas **A**, **B** e **C** podemos afirmar que:

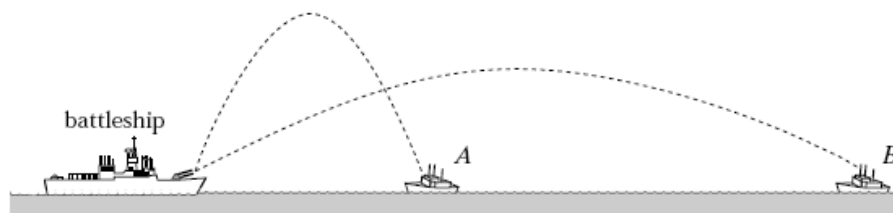
- Dado que há conservação da energia mecânica e a energia cinética inicial das três bolas é a mesma, todas as bolas atingem a altura h .
- As bolas A e B não chegam a atingir a altura h , uma vez que a sua trajetória é mais longa e têm mais tempo para perder velocidade.
- Só as bolas A e C atingem a altura h porque só nas trajetórias retilíneas é que todas as forças são conservativas, obrigando a que a energia potencial final seja a mesma.
- A bola B não atinge a altura h porque a sua energia cinética nunca se anula no ponto de altura máxima da sua trajetória.
- Nenhuma das anteriores.

Uma resposta habitual dos estudantes é que todas as bolas atingem a linha de topo, devido à conservação da energia mecânica. Esta resposta mantém-se inalterada, até ao momento em que alguém (normalmente, um estudante) refere que numa trajetória circular, um corpo tem sempre velocidade ao longo da trajetória. Nessa altura, a quase totalidade dos estudantes apercebe-se do seu erro de raciocínio e altera a sua resposta para a (d). Neste exemplo típico, a contribuição do professor é mínima para a discussão, deixando essa tarefa quase exclusivamente para os estudantes.

Tradicionalmente, as QC são “estáticas”, mas há alternativas igualmente interessantes usando recursos digitais de modo a torná-las “dinâmicas”. No exemplo seguinte, um navio dispara dois mísseis em simultâneo, com a mesma velocidade inicial mas ângulo de lançamento diferente, em direção aos barcos **A** e **B** que se encontram a distâncias diferentes. São desprezados os efeitos da resistência do ar. Pretende-se saber qual dos barcos, **A** ou **B**, será atingido em primeiro lugar. Para estimular ainda mais o raciocínio e a análise conceptual do problema, pede-se aos estudantes que não usem equações para resolver o problema².

² Problema disponível em

http://www.fc.up.pt/phylsletspt/aulas/mecanica_newtoniana/Mecanica/fcup/disparo_missil_v2_Simulation.html



As respostas possíveis são:

1. Navio A.
2. Os dois ao mesmo tempo.
3. Navio B.
4. Precisamos de mais informação para responder.

Inicialmente, é pedido aos estudantes uma reflexão inicial sobre o problema. A animação está bloqueada por um código (1234), que apenas é disponibilizado após alguns minutos. Inserido o código, os estudantes podem testar a sua hipótese e verificar se está certa ou errada, iniciando-se então uma fase de discussão (também é possível promover a discussão antes da verificação da resposta). A diferença deste tipo de animação para a do tipo “estática”, é que ao correr a animação, os estudantes confrontam diretamente as suas ideias com o fenómeno físico. Para aqueles que não acertaram, surge a interrogação do porquê do erro e aos que acertaram, a obrigação de explicar o seu raciocínio. Talvez por permitir um confronto direto com a realidade na animação, este tipo de QC parece ser a preferida entre os estudantes.

2. Atividades Experimentais Virtuais

As AEV não foram originalmente pensadas para o uso da técnica *Peer Instruction*, embora tenham total cabimento numa instrução entre pares. As AEV são atividades experimentais, em geral complementares de atividades laboratoriais (podendo mesmo, em casos específicos, substituí-las) e podem ser realizadas pelos estudantes dentro ou fora da sala de aulas. Preferencialmente e tal como todas as atividades de laboratório, as AEV devem ser desenvolvidas em grupo. Este RED pode ser disponibilizado facilmente por suporte digital ou pela internet, havendo assim muita flexibilidade na sua utilização pelos estudantes. Por essa razão, é um recurso que o professor pode explorar com grandes vantagens educativas.

As *Physlets* são uma classe de animações Java, desenvolvidas com o objetivo de proporcionar a aquisição de competências fundamentais que todo o estudante de Física deveria ter. Estas AEV possuem atributos que as tornam únicas e particularmente valiosas na tarefa educacional: são simples, flexíveis, criadas para a *Web* e de distribuição gratuita para uso não comercial (Christian & Belloni, 2001), permitem visualizar conceitos abstratos, e parecem-se mais com os problemas reais. São, por isso, uma das mais conhecidas e bem sucedidas inovações educacionais para o ensino universitário e pré-universitário nos Estados Unidos da América (Carvalho et al., 2013).

Um bom exemplo do envolvimento dos alunos com as *Physlets* é apresentado na figura 2, em que se pede aos alunos que, analisando o brilho de

algumas lâmpadas representadas na animação, consigam reproduzir o respetivo circuito elétrico (Carvalho et al., 2014).

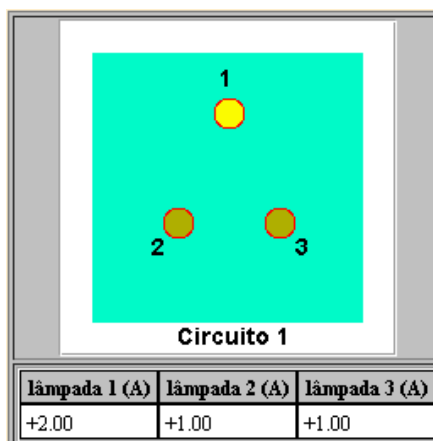


Figura 2: Imagem da animação relativa à montagem de um circuito elétrico com algumas lâmpadas (neste exemplo, 3 lâmpadas). Animação está disponível em http://web.fc.up.pt/physletspt/ebook/animacoes/Circuitos/circuitos_dc/prob30_1_circuit1a_pt.html.

Esta atividade pode ser posteriormente complementada com a respetiva montagem experimental no laboratório de Física, para consolidação de competências conceptuais e processuais.

Além das vantagens inerentes à interação entre pares, uma outra vantagem educativa das *Physlets* liga-se ao aspeto experimental das ciências: os estudantes têm de refletir sobre a seriação das grandezas físicas a medir na animação, retirar dados experimentais e tratá-los, construir tabelas e gráficos, analisá-los e debatê-los antes de poderem tirar conclusões, desenvolvendo assim muitas das habilidades das atividades laboratoriais. O professor deve, assim, adequar a exploração didática das animações ao nível de conhecimentos dos estudantes, de modo a potenciar as aprendizagens mais convenientes para as suas aulas. Mais animações com estas características estão disponíveis, em português, no seguinte endereço: <http://web.fc.up.pt/physletspt/ebook/index.html>.

3. Atividades Experimentais Baseadas em Vídeo

A análise vídeo e a modelação são parte integrante do projeto *Open Source Physics* (OSP, 2011). Destina-se a confrontar as imagens ou vídeos reais com a caracterização física dos movimentos, sendo esta uma dificuldade bem conhecida entre os alunos. O *Tracker* (Brown, 2008; Brown & Cox, 2009) é um programa de uso livre que permite a aquisição de dados a partir da gravação vídeo e correspondente análise. O *Tracker* permite ainda o ajuste de modelos analíticos aos dados provenientes de uma gravação vídeo, um procedimento a que se dá o nome “modelação de vídeo”. Embora o programa original seja em inglês, ele está também disponível em versão multilíngue, incluindo o português. Estas ferramentas estão na base dos recursos AEBV.

Muitas das características das AEBV são comuns às das AEV. No exemplo seguinte, é usada uma gravação do movimento do pássaro vermelho do jogo *Angry*

Birds da empresa Rovio, para propor aos estudantes a determinação das dimensões dos objetos no mundo dos *Angry Birds* (Rodrigues, 2013). A figura 3 apresenta uma imagem da trajetória parabólica realizada pelo pássaro.

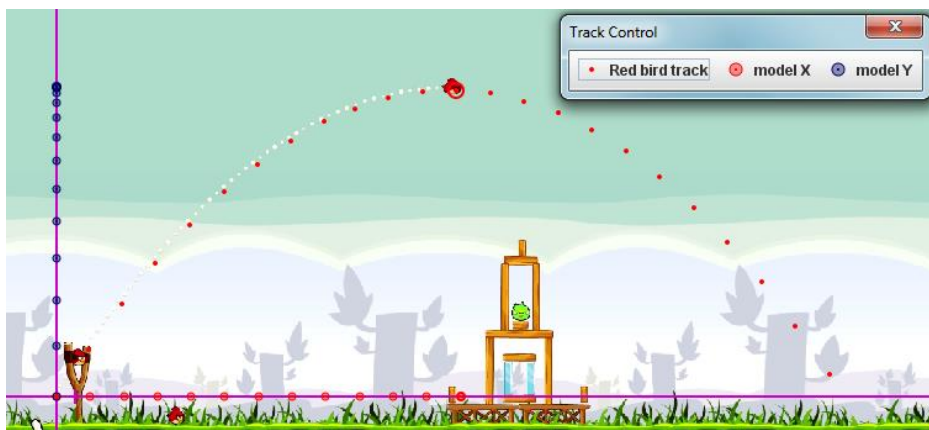


Figura 3: Trajetória parabólica do pássaro vermelho. O efeito estroboscópico das posições nos eixos horizontal (x) e vertical (y), permite conclusões qualitativas sobre o movimento segundo cada um destes eixos. Os pontos indicados foram obtidos a intervalos de 5 quadros.

Após o registo das posições do pássaro durante o movimento, pretende-se que os estudantes investiguem o tipo de movimento que ele descreve na horizontal e na vertical. Esta discussão tem como objetivo permitir que os estudantes associem os modelos físicos aos movimentos, bem como as condições de validade em que aqueles se aplicam (por exemplo, a existência ou não de resistência do ar, forças gravítica e de impulsão, ...).

Para obter as dimensões dos objetos, os estudantes terão que estimar um valor para a aceleração na vertical (este aspeto nem sempre é óbvio para eles, uma vez que esse dado não é fornecido e os estudantes têm dificuldade em fazer estimativas). Por exemplo, se desprezarem as forças de impulsão do ar e admitirem que a aceleração gravítica tem o mesmo valor que na Terra ($9,81 \text{ m/s}^2$), então a funda terá uma altura de aproximadamente 5 metros e cada pássaro 1 m de diâmetro! Estes resultados deixam, normalmente, os estudantes bastante surpreendidos, e fascinados pelo poder da modulação física na compreensão e descrição dos fenómenos.

Logística na aplicação do Ensino Interativo e da *Peer Instruction*

Para facilitar a implementação de um ensino interativo, o professor deve ter em atenção (a) os materiais disponíveis e (b) as condições físicas do espaço de aula.

- (a) Materiais disponíveis – os materiais a usar têm que ser de qualidade científico-didática elevada e visualmente motivadores, mas nem sempre os recursos multimídia são essenciais para um ensino interativo. Contudo, podem facilitar bastante a prática letiva do professor e a aprendizagem dos

estudantes. Por exemplo, na análise e modulação de vídeo, um computador com software adequado e uma máquina fotográfica ou de vídeo digitais são imprescindíveis; todavia e embora o quadro interativo e os sistemas de votação eletrônica (vulgarmente designados por *klickers*) sejam muito úteis na exploração de QC, esses materiais podem ser facilmente substituídos por um retroprojetor e por um sistema de votação por “mão no ar” ou por cartões de votação (*flashcards*).

- (b) Sala de aulas – a sala de aulas tradicional, em que as mesas (ou cadeiras, no caso de um anfiteatro) estão orientadas para o professor ou palestrante, favorecem um ensino expositivo e centrado no orador. Este pode, a espaços, interagir com a assistência, mas torna difícil alterar profundamente o estilo da prática letiva (note-se que, originalmente, a técnica *Peer Instruction* foi aplicada em grandes anfiteatros, mas atualmente Eric Mazur (2014) usa espaços letivos totalmente diferentes nas suas aulas).

Uma disposição da sala tradicional não favorece a participação do estudante no debate conceptual, nem facilita a reflexão crítica dos conteúdos com os colegas e a exposição pública e plena das suas dificuldades. Como resultado, é frequente ele refugiar-se numa zona de conforto silenciosa e obscura. O professor não tem, assim, acesso aos modelos mentais do estudante, cujo conhecimento é essencial para avaliar o grau de aprendizagem e adequar convenientemente a prática letiva. É, assim, inadiável promover uma mudança nos papéis do professor e do estudante na sala de aulas, invertendo-os (parcialmente): é nisto que consiste uma *flipped classroom* (Lage et al., 2000) e as condições logísticas da prática letiva podem constituir um entrave ou facilitar a sua consecução.

A disposição das mesas e cadeiras deve favorecer o contacto visual direto entre os estudantes, para que a discussão entre eles seja facilitada. Como o diálogo com o professor também tem de existir, a disposição da sala deve permitir a circulação do professor, tornando-o sempre visível pelos estudantes.

Outro aspeto importante a considerar é o trabalho em grupo: este deve ser facilitado pelas condições logísticas do espaço, para permitir a responsabilização de cada elemento do grupo pela execução da sua parte do trabalho, bem como levar à troca de ideias e à argumentação crítica. O desenvolvimento de competências pelos estudantes não pode ser condicionada pela maneira como estão dispostos pela sala, pelo que há algumas soluções interessantes para este problema consoante as tarefas a executar:

- (a) Disposição das mesas em “U” ou em “□” (figura 4) – com as mesas a formar um U ou um quadrado, os estudantes têm uma visão direta dos colegas. Esta disposição facilita a discussão na sala de aulas e foca cada estudante para os colegas da frente e dos lados, com quem pode também executar pequenas tarefas em grupo. O professor pode ocupar qualquer lugar próximo dos alunos, ou optar por se colocar no centro do U ou do quadrado, onde é sempre visível.



Figura 4: Exemplo da disposição das mesas em “U”

- (b) Disposição das mesas por “ilhas” (figura 5) – as mesas são dispostas na forma de quadrado, círculo ou hexágono como “ilhas” na sala de aulas, permitindo que 3, 4 ou mais estudantes formem um grupo de trabalho. Esta distribuição facilita obviamente o trabalho de grupo e a realização de atividades de competição. As “ilhas” permitem também que o professor se desloque com facilidade por toda a sala, auxiliando quando necessário o trabalho dos estudantes. Esta distribuição torna natural o acesso a recursos didáticos (livros, materiais, equipamento, computadores, ...), mas não é tão eficaz em aulas tutoriais.

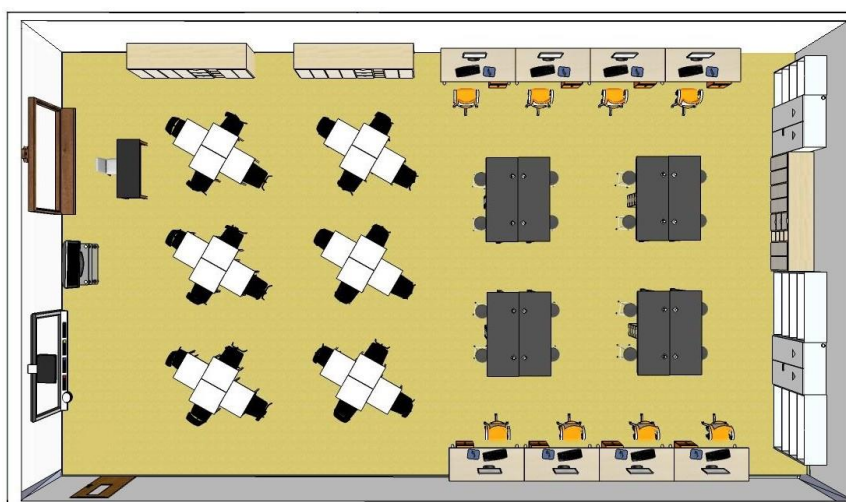


Figura 5: Exemplo da disposição das mesas em “ilhas” (Carvalho et al., 2012)

A alteração entre estas duas distribuições de sala de aulas toma apenas alguns minutos (tipicamente entre dois a três), pelo que é muito fácil adequar as condições da sala às necessidades educativas.

Avaliação e Resultados

Para avaliar o impacto pedagógico de uma metodologia ou de uma técnica de ensino, é frequente usar testes padronizados para uma avaliação quantitativa do grau de conhecimento dos estudantes. Esses testes são essencialmente conceituais, embora possam também incorporar questões de resposta numérica. A diferença entre o conhecimento de cada estudante depois e antes da instrução, dá-nos o respetivo ganho de aprendizagem. Nestes estudos, é habitual usar-se o ganho de aprendizagem normalizado de Hake (1998):

$$G = \frac{N_f - N_i}{100 - N_i} \quad (1)$$

em que G é o ganho normalizado (percentual), N_f a classificação do estudante depois da instrução e N_i a classificação do estudante antes da instrução; a diferença ($N_f - N_i$) representa o ganho absoluto de aprendizagem.

No seu livro de 1997, Mazur apresenta resultados da aprendizagem conceptual de mecânica newtoniana usando os testes padronizados *Force Concept Inventory* (FCI) (Hestenes et al., 1992) e *Mechanics Baseline Test* (Hestenes & Wells, 1992). Esses resultados foram obtidos ao longo de vários anos de aplicação da *Peer Instruction* em estudantes de Harvard de cursos introdutórios de Física. Os estudos revelam um envolvimento efetivo dos estudantes nas tarefas propostas durante a instrução e um ganho substancial de aprendizagem, aproximadamente o dobro do que se regista com um ensino tradicional expositivo. Desde então, vários estudos têm comprovado a eficácia da *Peer Instruction* e do Ensino Interativo um pouco por todo o mundo, alguns deles com estudantes brasileiros (Araújo, 2013).

Em Portugal, o ensino tradicional está muito enraizado e as escolas são muito relutantes a alterações didáticas. Por isso, os estudos de impacto da *Peer Instruction* e do Ensino Interativo em geral, estão ainda numa fase inicial.

Ao nível do ensino secundário (ensino médio no Brasil), foi realizada em 2011 uma investigação em escolas do Grande Porto (Matosinhos - M e Espinho - E) sobre o impacto de QC (usando PI) e de Physlets (tarefas complementares à instrução nas aulas) na aprendizagem de mecânica newtoniana, em estudantes do 11º ano (Briosa, 2011). Foi usado o FCI como teste padronizado. Os ganhos normalizados G das 4 escolas deste estudo (duas de controlo e duas de intervenção), apresentados na figura 6, mostram que: 1. Os ganhos dos grupos de controlo (ensino tradicional) são da ordem dos 10 %, bem abaixo dos 20 % indicados na literatura; 2. Há uma clara vantagem nos ganhos dos grupos de intervenção, com valores que praticamente duplicam os dos grupos de controlo (estando, assim, de acordo com o que se conhece da literatura); 3. Todos os ganhos têm valores bastante inferiores aos apontados por Mazur e seus colaboradores (Mazur, 1999) para o teste FCI e que são tidos como referência na literatura. Esta constatação pode ser interpretada como um sinal de que muito há ainda a fazer no que respeita ao ensino e aprendizagem da Física em Portugal.

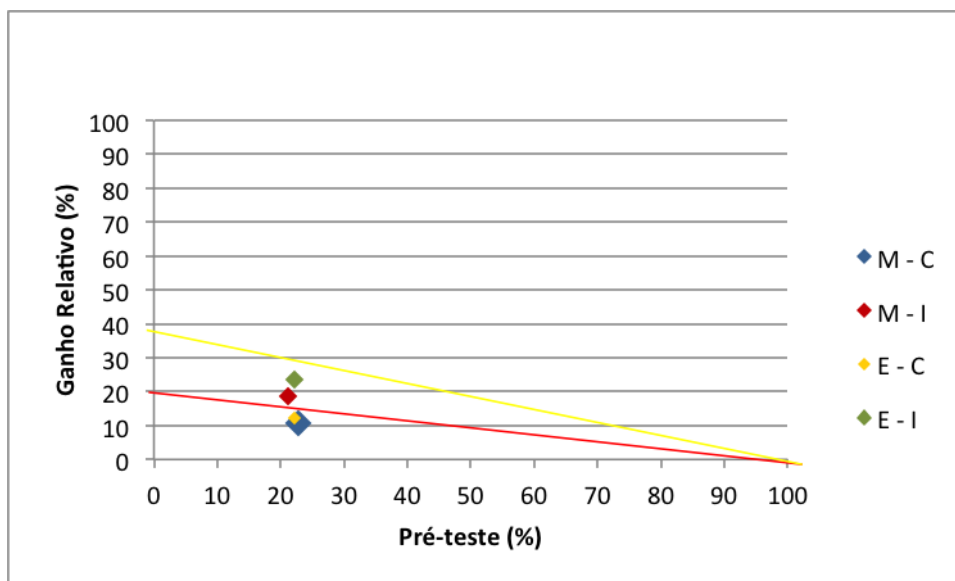


Figura 6: Resultados do ganho normalizado relativo médio do FCI em função da classificação média do pré-teste. As escolas de intervenção (I) e de controlo (C) são de duas cidades do Grande Porto: Espinho (E) e Matosinhos(M).

Resultados semelhantes foram obtidos na área da mecânica de fluidos, com estudantes do 12^o ano também de escolas do Grande Porto (Matosinhos – M, Espinho – E e Gondomar – G). Para esta investigação foi desenvolvido um teste de avaliação conceptual (Briosa, 2011), com base no Concept Inventory for Fluid Mechanics (Martin et al., 2003). Os resultados obtidos são apresentados na figura 7.

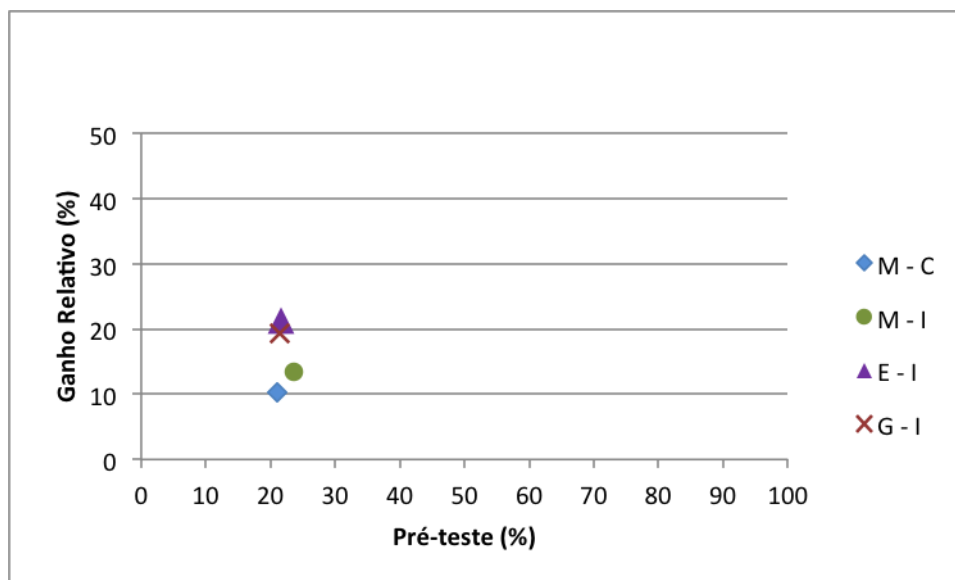


Figura 7: Resultados do ganho normalizado relativo médio do FCI em função da classificação média do pré-teste. As escolas de intervenção (I) e de controlo (C) são de três cidades do Grande Porto: Espinho (E), Matosinhos(M) e Gondomar (G).

Outra investigação, desta vez envolvendo recursos educativos diversificados tais como software educativo (RESE), vídeo educativo (REVE) e Questionários, foi

realizada no ensino do Som com estudantes do 8º ano do ensino básico (ensino fundamental no Brasil) (Quintas, 2012). A intervenção no grupo experimental foi aplicada por uma professora qualificada para o ensino interativo, com conhecimento da manipulação e exploração dos materiais e experiência letiva.

A figura 8 mostra a percentagem de alunos para os vários níveis de taxas de sucesso, num teste de avaliação conceptual construído para o efeito. Os níveis correspondem a intervalos da percentagem de respostas corretas, sendo que 1 = 0 a 10 %, 2 = 11 a 20 %, ... e 10 = 91 a 100 %.

Como se pode observar, o estado de conhecimento inicial dos estudantes dos grupos de controlo e experimental é muito semelhante; mas após a intervenção, a distribuição das percentagens de estudantes no GC e GE são muito diferentes, com clara vantagem para os do grupo experimental. Esta conclusão está também expressa na figura 9, que representa o ganho absoluto médio dos dois grupos em função do número inicial de respostas corretas.

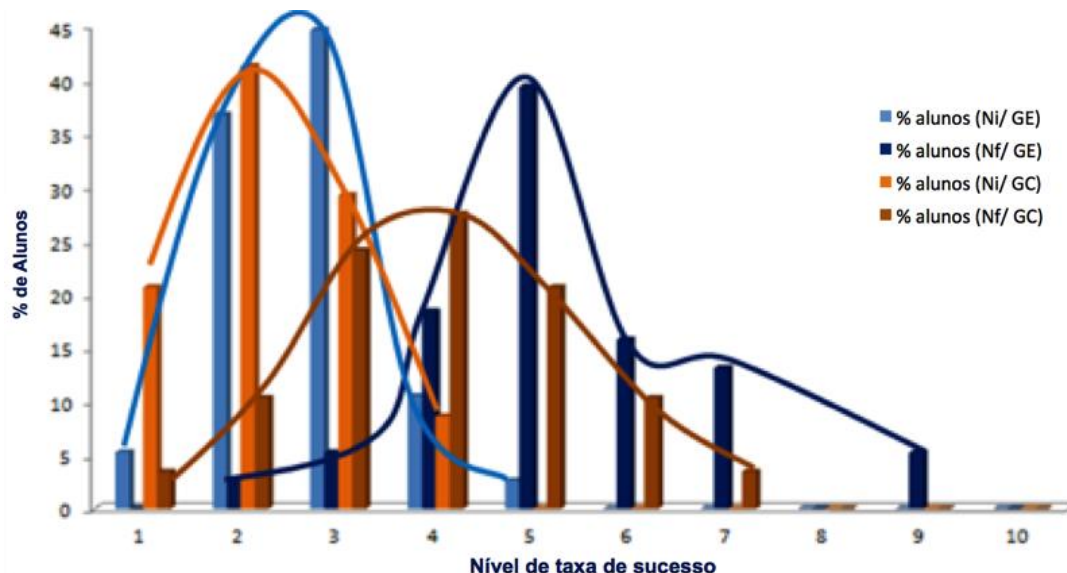


Figura 8: Percentagem de alunos com níveis de taxa de sucesso para o teste conceptual do Som. Os níveis de sucesso são definidos da seguinte forma: 1 = 0 a 10 %, 2 = 11 a 20 %, ... e 10 = 91 a 100 %. N_i e N_f dizem respeito aos resultados antes e após a intervenção, respetivamente, para os grupos de controlo (GC) e experimental (GE).

As linhas representadas na figura 9 limitam zonas de ganho normalizado médio. Da análise do gráfico conclui-se que o GC está sobre a linha de ganho dos 20 % e o GE tem um ganho entre 30 e 40 %.

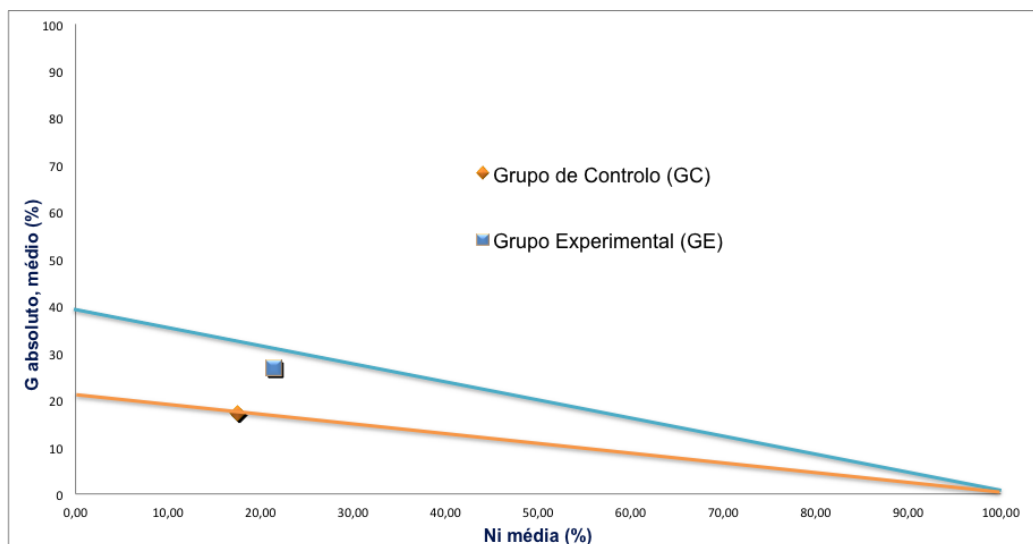


Figura 9: Ganho absoluto médio em função da classificação média do pré-teste, para os grupos de controlo (GC) e experimental (GE). As linhas indicam zonas de ganho normalizado médio.

Este estudo põe novamente em destaque um melhor ganho de aprendizagem dos alunos que foram ensinados com estratégias e materiais interativos. Independentemente dos materiais usados (questões conceituais, animações, vídeos, questionários,...), o ensino interativo com recurso a atividades de ensino entre pares (seja ela através da *Peer Instruction*, ou outra) parece conduzir sempre a aprendizagens mais vantajosas que o ensino tradicional.

Finalmente, um comentário acerca da formação de professores. Será que a *Peer Instruction* e os materiais interativos, por si só, podem potenciar uma melhor aprendizagem das ciências, em particular as ciências experimentais como a Física? Bem, os resultados aqui apresentados mostram que sim, mas obviamente podiam ser melhores com uma preparação adequada dos professores.

Em Portugal, não existem professores de Física com formação inicial adequada em métodos e técnicas de Ensino Interativo. Tal deve-se à falta de investimento das Universidades neste tipo de formação e também por o Ensino Interativo ser exigente na preparação dos professores para a prática letiva. Desde logo, há que garantir uma sólida preparação ao nível científico, sem a qual nenhum tipo de ensino da Física pode ter qualidade. Por outro lado, o professor tem que se sentir confiante em lidar pedagogicamente com as várias técnicas de ensino, recursos educativos e contextos de aprendizagem. Deverá, assim, trabalhar no sentido de mudar, gradualmente, a metodologia das suas aulas, planificando estratégias com recurso a técnicas interativas e recolhendo materiais e recursos que o auxiliem nessa tarefa, o que normalmente só se adquire ao longo do tempo. Daí a importância do investimento na formação contínua de professores e na partilha de experiências, através de fóruns, encontros periódicos e *workshops* práticas.

Conclusões

O ensino interativo tem ganho cada vez mais adeptos entre os professores de ciências, que reconhecem vantagens apreciáveis na aprendizagem dos estudantes. A *Peer Instruction*, o *Just-in-Time Teaching*, o *Problem Solving*, a *Flipped Classroom*, o *Micro-computer-Based Learning*, entre outras, são técnicas de ensino que têm vindo a ser aperfeiçoadas com recursos variados e explorações detalhadas, para um melhor aproveitamento dos professores na sua prática letiva.

É portanto necessário um investimento forte para mudar a forma de ensinar em todos os níveis de ensino. Esse investimento tem que vir dos órgãos competentes de cada país, mas também do esforço individual de cada professor. Não se pense que as mudanças se fazem sem esforço e de imediato. Bem pelo contrário, é necessária uma adaptação gradual do sistema de ensino, dos professores, dos estudantes e da comunidade escolar, a estas transformações que têm tanto de necessárias como de urgentes.

Neste momento vivemos uma época de oportunidades. A internet providencia oportunidades excelentes para a difusão de materiais, distribuição de recursos e partilha de experiências. É cada mais fácil os professores estarem em contacto síncrono com os estudantes e de eles contactarem entre si, mesmo estando fisicamente distantes uns dos outros. Estão assim criadas condições para um salto qualitativo no ensino.

Referências

Abrahamson, A. Louis (1998). An Overview of Teaching and Learning Research with Classroom Communication Systems (CCSs), *International Conference of the Teaching of Mathematics*, Proceedings by John Wiley & Sons, Inc., Samos, Greece.

Araújo, I. S. (2013). Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 362-384.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, the classification of educational goals – Handbook I: Cognitive Domain*, Longman, New York.

Briosa, E. P. (2011). *Aprendizagem de Mecânica de Sólidos e Fluidos em Escolas Secundárias: o impacto de Materiais Interativos e a sua Exploração Educacional*, Tese de Doutoramento em Física, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.

Brown, D. (2008). Video Modeling: Combining Dynamic Model Simulations with Traditional Video Analysis, *American Association of Physics Teachers (AAPT) Summer Meeting*, Edmonton (Disponível em <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>, consultado em 04/11/2013).

Brown, D., Cox, A.J. (2009). Innovative Uses of Video Analysis, *The Physics Teacher*, 47, 145-150.

Carvalho, P. S., Sousa, A. S., Paiva, J., Ferreira, A., J. (2012). *Ensino Experimental das Ciências: um guia para professores do Ensino Secundário – Física e Química*, Editorial UP, Porto.

Carvalho, P. S., Christian, W., Belloni, M. (2013). Physlets e Open Source Physics para professores e estudantes Portugueses, *Revista Lusófona de Educação*, 25, 59-72.

Carvalho, P. S., Briosa, E. P., Christian, W., Belloni, M., Costa, M. F. (2014). *A Física em Physlets: Ilustrações, Explorações e Problemas para um Ensino Interativo em Física Introdutória*, Amazon Digital Services, Inc. (ASIN: B00QPKCYW6).

Christian, W., Belloni, M. (2001). *Physlets: Teaching physics with interactive curricular material*, Prentice Hall's Series in Educational Innovation, New Jersey.

Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977.

Crouch, C. H., Watkins, J., Fagen, A., & Mazur, E. (2007). *Peer instruction: Engaging students one-on-one, all at once*. In Redish, E.F. & Cooney, P. (Eds.), *Reviews in Physics Education Research, Volume 1: Research-Based Reform of University Physics* (Disponível em http://www.compadre.org/per/per_reviews/volume1.cfm, consultado em 06/01/2015).

Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.

Hestenes, D., Wells, M., Swackhammer, G. (1992). Force concept inventory, *The Physics Teacher*, 30(3), 141–158.

Hestenes, D., Wells, M., Swackhammer, G. (1992). *A Mechanics Baseline Test*, *The Physics Teacher*, 30(3), 159-166.

Jowett, B. M.A. (1911). *The Dialogues of Plato: Translated into English, with analyses and Introductions, Volume I*. Charles Scribner's Sons, New York.

Lage, M. J., Platt, G. J., Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A gateway to Creating an Inclusive Learning Environment, *Journal of Economic Education*, 31(1), 30-43.

Lasry, N., Mazur, E., Watkins, J. (2008). Peer Instruction: From Harvard to Community Colleges, *American Journal of Physics*, 76, 1066-1069.

Martin, J., Mitchell, J., Newell, T. (2003). Development of a Concept Inventory for Fluid Mechanics, 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boulder.

Mazur, E. (1997). *Peer instruction: a user's manual*, Upper Saddle River, Prentice Hall, New Jersey.

Mazur, E., Watkins, J. (2009). *Just-in-Time Teaching and Peer Instruction*. In Simkins, S. & Maier, M. (Eds.), *Just in Time Teaching Across the Disciplines*, Stylus Publishing, Sterling.

Mazur, E. (2014). The scientific approach to teaching: Research as a basis for course design, *International Conference Teaching/Learning, Physics: Integrating Research into Practice (MPTL-GIREP)*, Palermo, Itália, 52.

Novak, G.M., Patterson, E.T., Gavrin, A.D., Christian, W. (1999). *Just-in-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology*, Upper Saddle River, Prentice Hall, New Jersey.

OSP (2011). *Open Source Physics Collection on ComPADRE* (Disponível em <http://www.compadre.org/OSP/>, consultado em 04/11/2013).

Pires, A.S.T. (2008). *A evolução das idéias da Física*. Editora Livraria da Física, 1^a ed., S. Paulo.

Quintas, M. J. (2012). *Atividades sobre o Som, no âmbito de um clube de ciências envolvendo o Ano Internacional do morcego*, Tese de Mestrado em Física e Química em Contexto Escolar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.

Rodrigues, M., Carvalho, P. S. (2013). Teaching physics with Angry Birds: exploring the kinematics and dynamics of the game, *Physics Education*, 2013, 48, 431-437

Sokoloff, D.R., Laws, P.W., Thornton, R.K. (1999-2004). *RealTime Physics, Active Learning Laboratories, Modules 1-4*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.