

# **Obstáculos epistemológicos e didáticos no estudo de conceitos de física moderna e contemporânea**

## **Epistemological and didactic obstacles in the study of concepts of modern and contemporary physics**

**Márlon Pessanha**

Programa de pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências / Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo marlonpessanha@yahoo.com.br

**Maurício Pietrocola**

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo  
mpietro@usp.br

### **Resumo**

Neste trabalho apresentamos alguns resultados de uma pesquisa sobre o ensino e aprendizagem de conceitos de Física Moderna e Contemporânea na educação secundária. Em sessões de aula que envolviam uma discussão sobre o que fazem os aceleradores de partículas e sobre a técnica utilizada nestes, buscamos identificar como obstáculos de natureza didática e epistemológica se tornavam evidentes, como estavam relacionados à aprendizagem dos alunos, e ainda, como influenciavam os momentos de redesenho destas sessões. Os resultados e discussões apresentados neste trabalho são parciais, mas já mostram uma necessidade de reconhecimento e superação dos obstáculos didáticos e epistemológicos como um meio de promover a aprendizagem.

**Palavras chave:** Obstáculos didáticos, obstáculos epistemológicos, Física moderna e contemporânea, Brousseau, Bachelard.

### **Abstract**

In this work we present some results of a research on teaching and learning of concepts of Modern and Contemporary Physics in secondary school. In class sessions involving a discussion about discussions about what particle accelerators do and the technique used in them, we seek to identify how epistemological and didactic obstacles became evident, as were related to students' learning, and how this obstacles influenced the redesign these sessions. The results and discussions presented in this work are partial, but already show a need for recognition and overcoming epistemological and didactic obstacles as a means of promoting learning.

**Key words:** Didactics obstacles, epistemological obstacles, contemporary and modern physics, Brousseau, Bachelard.

# Obstáculos epistemológicos e didáticos no estudo de conceitos de física moderna e contemporânea

## Introdução

Há alguns anos a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na educação secundária vem sendo discutida e tem sido defendida de forma quase consensual por pesquisadores em ensino de Física (KNECHT, 1968; MARX, 1975; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; PIETROCOLA, 2005). Algumas atualizações curriculares no Brasil e em outros países já têm incluído conceitos de FMC como conteúdos a serem ensinados (CATALUNYA, 2008; SÃO PAULO, 2008).

Uma questão fundamental que surge em meio a este contexto de inovação curricular está relacionada à como ensinar tais conceitos aos alunos e promover a aprendizagem. Partindo do exposto por Clement (2000), entendemos a aprendizagem como um processo pelo qual modelos mentais, que são representações internas de alguma realidade (GRECA, MOREIRA, 2000), são aperfeiçoados se aproximando do modelo conceitual alvo, que é o conteúdo didático que se espera que seja aprendido.

Pode-se dizer que pensar o ensino e aprendizagem é pensar tanto em eleições didáticas que sejam mais adequadas, como também pensar nas particularidades do próprio conhecimento a ser construído. Enquanto as eleições didáticas menos adequadas podem ocupar um papel de obstáculos didáticos à aprendizagem, o próprio conhecimento constituído aplicado no ato de conhecer pode se revelar como obstáculo à construção de conceitos, atuando como um obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1938; BROSSEAU, 1983; BROUSSEAU, 1997). Os obstáculos epistemológicos, descritos inicialmente pelo filósofo da ciência Gaston Bachelard em sua epistemologia da ciência, podem ser entendidos como formas do conhecimento que foram úteis em um momento no processo de construção do conhecimento, mas que impedem que se continue a conhecer. (BACHELARD, 1938; CAMILONI, 2002; MENDONZA, 2008).

Neste trabalho, partindo da concepção de processo de aprendizagem de Clement (2000) e considerando o papel decisivo dos obstáculos didáticos e epistemológicos neste processo, buscamos identificá-los em situações de aula sobre conceitos de FMC, e ainda, buscamos verificar como os obstáculos são superados e como eles estão relacionados com a aprendizagem.

## Desenvolvimento da pesquisa

Este trabalho possui como plano de fundo uma sessão de aula sobre o tema *aceleradores de partículas*, que foi desenvolvida considerando alguns aspectos da linha de investigação denominada *Teaching-Learning Sequence* (TLS). Os estudos com TLS envolvem o desenho e implementação de currículos de curto prazo, focados em tópicos sequenciais orientados ao ensino de ciências. As sessões que compõem as TLS são planejadas de acordo com critérios didáticos, e após cada implementação em classes com alunos, se analisam criticamente buscando sua melhora, de forma iterativa e em função dos resultados de aprendizagem e

outros fatores (MEHEUT; PSILLOS, 2004).

A sessão sobre o tema aceleradores de partículas foi elaborada e testada em meio a um protocolo de pesquisa conjunto entre o Núcleo de Pesquisa em Inovação Curricular (NUPIC) da Universidade de São Paulo e o *Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica* (CRECIM) da *Universitat Autònoma de Barcelona*. Além de ambos os grupos de pesquisa trabalharem com temas e metodologias de pesquisa semelhantes, o currículo de física para a educação secundária do estado de São Paulo e da Catalunha possuem similaridades em relação aos tópicos de FMC a serem ensinados, por exemplo, prevendo que sejam abordados alguns conceitos sobre o interior da matéria, como os que são tratados na sessão de aula desenhada sobre os aceleradores de partículas.

Na sessão desenhada, a partir de uma situação motivadora, inicialmente busca-se mostrar a importância de se estudar o interior da matéria. Após, com um experimento analógico pretende-se demonstrar que a partir da interação entre um objeto conhecido e outro desconhecido é possível obter informações sobre o objeto desconhecido. Os momentos posteriores da sessão buscam demonstrar que essa técnica está presente na prática científica, tendo sido utilizada no experimento histórico de Rutherford que o levou a questionar o modelo atômico de Thomson, e sendo utilizada atualmente nos aceleradores de partículas. A Figura 1, a seguir, apresenta um esquema representativo da estrutura da sessão:

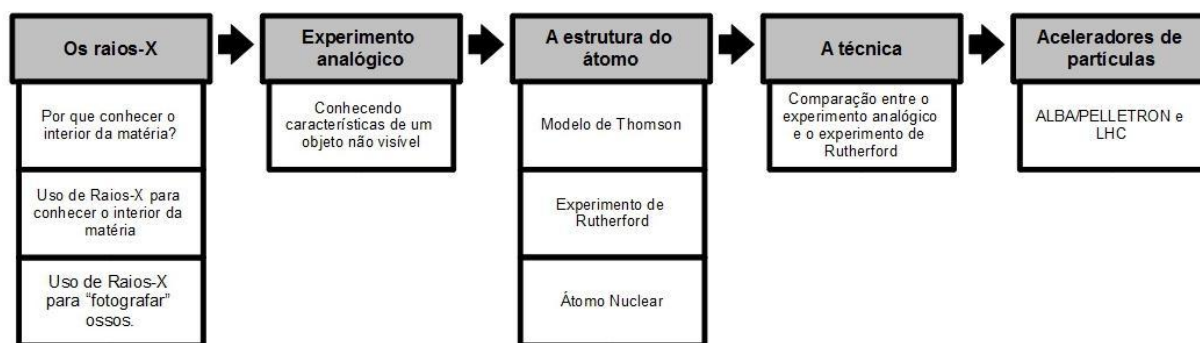


Figura 1: Estrutura da sessão.

Neste trabalho apresentamos e discutimos alguns resultados obtidos a partir de 4 implementações feitas no contexto catalão, em específico aqueles resultados obtidos durante o momento das sessões em que se discutia a estrutura do átomo.

As implementações das sessões, com 4 horas de duração cada, ocorreram junto a grupos de estudantes com idades entre 16 e 17 anos, que cursavam o *Bachillerato* em Ciências e Tecnologia do ano letivo 2011-2012. O chamado *Bachillerato* é uma etapa não obrigatória da educação secundária da Espanha, com dois anos de curso e com um caráter pré-universitário. Os alunos que cursam o *Bachillerato* podem optar por uma de três áreas: Artes, Ciências e Tecnologias ou Humanidades e Ciências Sociais. O currículo para a área de Ciências e Tecnologias prevê o estudo de conceitos de FMC.

A metodologia adotada em nosso estudo possui um caráter qualitativo e interpretativo. A coleta de dados se deu a partir do registro dos desenhos das versões da sessão e a partir de gravações dos momentos de implementação destas com alunos. Enquanto no desenho das sessões buscamos verificar as mudanças realizadas e sua possível relação com obstáculos didáticos e epistemológicos que tenham sido reconhecidos, nas gravações buscamos identificar erros conceituais apresentados pelos alunos, e sua possível relação com os obstáculos didáticos e epistemológicos. Desde a perspectiva de construção do conhecimento científico de Bachelard e desde as ideias de obstáculos de Brousseau, entendemos que os erros conceituais apresentados pelos alunos nem sempre são simples erros, e podem revelar a

atuação de obstáculos didáticos e epistemológicos. Em outras palavras, a origem do erro pode ser o obstáculo e, portanto, para reconhecermos entre os dados obtidos com as gravações as situações que envolvem obstáculos didáticos e epistemológicos, partimos daquelas situações em que um erro conceitual se torna evidente. Tais situações são alvo de análise e podem revelar ou não a atuação de obstáculos de natureza didática e epistemológica.

## Resultados e discussões

A partir dos registros dos desenhos das sessões e das gravações em vídeo, foi possível identificar diferentes obstáculos de natureza didática e de natureza epistemológica, e também identificar a forma como estes eram superados. Alguns obstáculos identificados são descritos a seguir:

### Obstáculos epistemológicos

Durante as implementações, percebemos que alguns obstáculos surgiam durante ou após o uso de simulações computacionais (apresentadas na figura 2) que ocupavam um papel central em algumas atividades. Tais obstáculos se tornavam evidentes principalmente quando os estudantes tentavam interpretar algumas das imagens que compunham o layout das simulações.

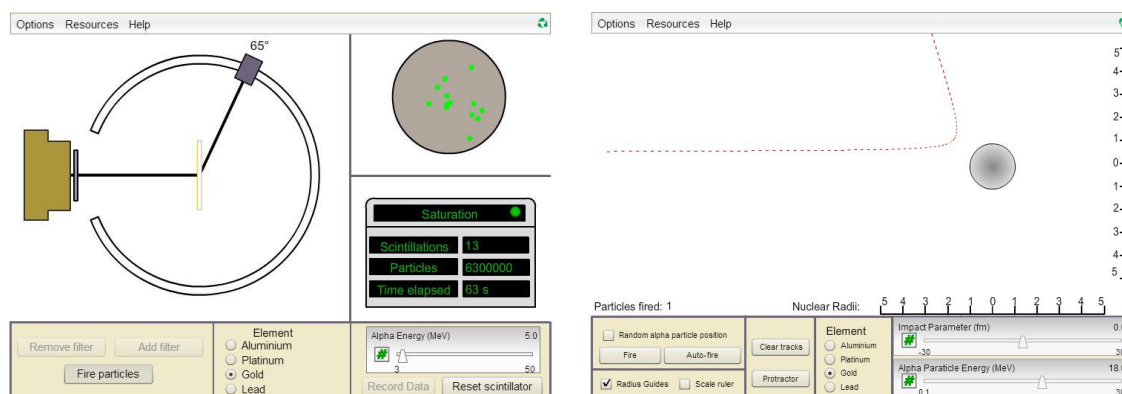


Figura 2: À esquerda, uma tela capturada da simulação que representa o experimento de Rutherford. À direita, a simulação que representa o comportamento de partículas alfa próximas ao núcleo de um átomo segundo o modelo de Rutherford (KCVS, 2010b).

Como exemplo, após o uso de uma simulação que representava o experimento de Rutherford (KCVS, 2010a), e em que se esperava que os alunos percebessem a incompatibilidade entre o modelo atômico de Thomson e o que se observava no experimento de Rutherford, muitos alunos afirmavam que o modelo de Thomson estaria certo. Nas palavras de um dos alunos (já traduzido do idioma catalão para o português):

*O modelo de Thomson está correto. No visor é o átomo de Thomson que está aparecendo.*

A observação do diálogo dos estudantes entre si e com os professores<sup>1</sup> permitiu identificar que tal conclusão equivocada era fruto de um obstáculo epistemológico, que por sua vez surgia a partir de uma leitura incorreta de uma parte da simulação. Um círculo presente na

<sup>1</sup> Em cada uma das sessões de aula que compõem o contexto do estudo, havia a participação de 2 ou 3 professores. Um professor era responsável por dirigir a aula, mas todos os professores participavam das discussões que se estabeleciam com os alunos, e do auxílio a estes.

simulação representava o visor do experimento (canto superior direito da tela), em que era possível identificar as partículas alfa que chegavam neste visor, as quais provocavam um centelhamento, representado por pequenos pontos verdes que apareciam no interior no círculo. Na falta de uma leitura atenta do roteiro de atividade, e atenção às explicações do professor, os estudantes interpretavam o círculo como uma visualização direta do átomo, que se assemelharia ao modelo atômico de Thomson (modelo de pudim de passas), de forma que o círculo era interpretado como a própria visualização da esfera positiva, e os pontos em seu interior como os elétrons. Para este obstáculo, percebemos que o conhecimento que deveria ser superado é justamente o que era utilizado para interpretar os resultados experimentais, e assim, este mesmo conhecimento acabava sendo reafirmado.

Apesar do obstáculo em questão envolver a leitura de um aspecto visual da simulação, acreditamos que uma mudança da simulação não levaria necessariamente à extinção de obstáculos semelhantes. De certa forma, como o modelo de Thomson vinha sendo discutido na aula, e não havendo um entendimento claro da montagem experimental e do que se refere cada parte da simulação, é praticamente inevitável que o modelo de Thomson acabasse orientando a leitura da representação que fosse utilizada. Durante o redesenho das sessões, a simulação foi mantida, e as únicas modificações ocorridas foram notadas não no desenho das sessões, mas na ação dos professores durante a implementação, em que procuravam explicar com mais ênfase o layout da simulação, destacando explicitamente que o círculo não representava uma visualização direta do átomo, mas sim um visor que possibilitava identificar o instante em que a partícula alfa desviada colidia com a película do visor colocado em um determinado ângulo.

Outro exemplo de obstáculo epistemológico que surgiu estava relacionado a uma representação sobre a interação entre uma partícula alfa e um núcleo atômico segundo o átomo de Rutherford. Após os alunos utilizarem uma simulação (KCVS, 2010b) que representava a interação entre a partícula alfa e o núcleo atômico positivo, era solicitado aos alunos que desenhassem o vetor força elétrica atuante sobre a partícula alfa para três instantes durante a trajetória: em uma posição mais afastada do núcleo, próxima ao núcleo, e após o desvio. Alguns alunos desenhavam o vetor como se observa na figura 3, apresentada a seguir:

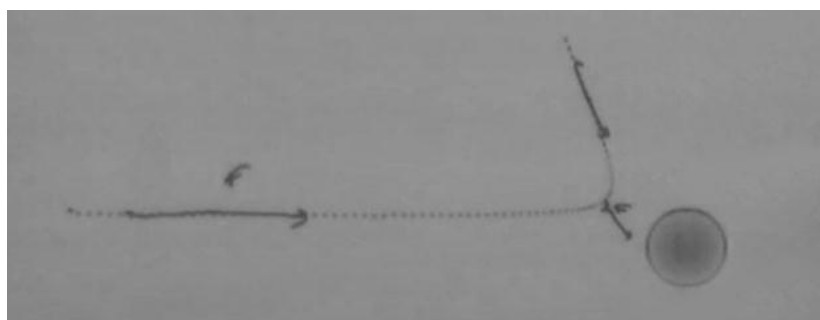


Figura 3: Representação feita por um dos alunos, do vetor força elétrica atuante sobre a partícula alfa em três instantes de sua trajetória.

Pode-se perceber que para dois dos três instantes, os alunos representavam o vetor força elétrica de forma semelhante ao esperado para o vetor velocidade, isto é, com o sentido igual ao sentido da trajetória, e com módulo do vetor maior em pontos mais distantes, o contrário ao esperado para o vetor de uma força de repulsão como a envolvida nesta interação.

Vale destacar que este obstáculo epistemológico se assemelha àquele já amplamente conhecido nos estudos de concepções prévias dos alunos sobre mecânica, em que se imagina que uma força deveria estar atuando no mesmo sentido do movimento. Trata-se de um obstáculo resistente, que acaba guiando a interpretação de fenômenos de diferentes tipos de

interação. Nas situações de aula, a superação deste obstáculo ocorria a partir de uma discussão sobre o que era o esperado para uma força de repulsão, e sobre a relação de dependência que existia entre a variação (positiva ou negativa) da velocidade e uma força atuando.

### **Obstáculos didáticos associados a um obstáculo epistemológico**

Em algumas situações, percebemos que obstáculos didáticos acabavam facilitando a emersão de obstáculos epistemológicos. Como exemplo, um obstáculo didático foi identificado nas primeiras versões das sessões, em que o roteiro das atividades descrevia o átomo de Thomson como consistindo “[...] em certo número de corpúsculos carregados negativamente, enclausurados em uma esfera massiva de carga positiva”. Nestas primeiras sessões, uma das atividades, que ocorria em um instante anterior ao uso das simulações computacionais, consistia em prever com um desenho o que ocorreria se partículas positivas fossem lançadas contra o átomo de Thomson. Ao fazer sua previsão, muitos alunos indicavam que haveria um choque mecânico entre a partícula positiva e o átomo de Thomson, de forma que nenhuma partícula positiva poderia atravessar o átomo.

A partir da análise dos diálogos, é possível perceber que dois obstáculos didáticos motivavam esta interpretação. Alguns alunos justificavam o choque mecânico pelo texto indicar o átomo de Thomson como uma esfera massiva. Assim como ocorre muitas vezes no uso cotidiano, a palavra “massiva” era considerada não como significando algo que tem massa, mas como um sinônimo de “maciça”, e assim, o átomo de Thomson era visto como uma esfera de superfície sólida impenetrável. A inserção da palavra no texto era indispensável, o que permitiu a conclusão de que se tratava de uma escolha inadequada, constituindo-se como um obstáculo didático. Outro obstáculo que contribuía para a interpretação incorreta dos alunos era o fato do desenho presente no roteiro que representava o átomo de Thomson, possuir uma linha de contorno. A opção pela inserção desta representação se mostrava igualmente inadequada, ainda que fosse uma representação comum para o átomo de Thomson.

A contribuição de ambos os obstáculos didáticos para a ocorrência do obstáculo epistemológico foi confirmada com a análise dos redesenhos da sessão. Inicialmente se modificou somente o texto do roteiro, removendo a palavra “massiva”; porém, ainda que os alunos não utilizassem mais a palavra “massiva” para justificar suas previsões, para alguns alunos suas previsões ainda se mantinham indicando uma colisão mecânica entre a partícula positiva e o átomo de Thomson. Nos últimos redesenhos da sessão, a representação do átomo de Thomson foi modificada, removendo o círculo que possuía um contorno, e inserindo em seu lugar uma esfera de cor gradiente, que não possuía uma delimitação clara que pudesse ser interpretada como uma superfície sólida. Como resultado, nas implementações após esta mudança as previsões dos estudantes se mostraram mais compatíveis com o esperado, sem a indicação de colisões mecânicas, com as partículas alfa atravessando o átomo de Thomson com desvios muito pequenos.

Assim, para este obstáculo epistemológico, que consistia em uma interpretação errônea do átomo de Thomson baseada em uma percepção ingênua orientada pela palavra e pela imagem, acabou sendo superado a partir da remoção dos obstáculos didáticos que o originavam.

### **Considerações finais**

Este trabalho traz um recorte de uma pesquisa mais ampla que analisa de forma relacionada as dimensões do ensino e da aprendizagem em situações de aula, em que buscamos verificar o papel dos obstáculos didáticos e epistemológicos na aprendizagem dos alunos.

Verificamos que tanto os obstáculos didáticos como os obstáculos epistemológicos possuem um papel decisivo no contexto do ensino e aprendizagem e no planejamento da aula. Obstáculos epistemológicos geravam erros conceituais em que o já conhecido pelos alunos, sejam concepções e percepções do cotidiano ou concepções científicas, acabavam guiando a interpretação dos fenômenos e dos objetos de estudo, e impediam que a correta compreensão/construção do novo conhecimento. Em alguns casos, como em uma situação que apresentamos neste trabalho, obstáculos didáticos facilitaram a emersão de obstáculos epistemológicos.

Como o que apresentamos neste trabalho compõe um recorte de uma pesquisa mais ampla, os resultados e considerações apresentadas são delimitados, no entanto, já mostram uma necessidade de reconhecimento e superação dos obstáculos didáticos e epistemológicos como um meio de promover a aprendizagem.

A pesquisa mais ampla da qual este trabalho faz parte continua em andamento, e esperamos identificar novos obstáculos em sessões de aula realizadas com alunos brasileiros e, ainda, aprofundar nossa análise a partir da categorização dos variados tipos de obstáculos didáticos e epistemológicos, melhor investigar a relação entre eles, e reconhecer suas formas de superação.

## Agradecimentos

Agradecemos à FAPESP, que apoia a pesquisa da qual este trabalho é uma parte (processo 2012/19386-3).

## Referências

- BACHELARD, G. (1938). **La formation de l'esprit scientifique**. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.
- BROUSSEAU, G. (1983) Les obstacles épistémologique et les problèmes en Mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. 4(2), pp.165-198.
- BROUSSEAU, G (1997). **La théorie des situations didactiques**. Cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal. Disponível <[https://math.unipa.it/~grim/brousseau\\_montreal\\_03.pdf](https://math.unipa.it/~grim/brousseau_montreal_03.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2012.
- CAMILLONI, A. R. W. (2002). **Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza**. Barcelona: Gedisa.
- CATALUNYA (2008). Decreto 142/2008, de 15 de julio, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas del bachillerato. **Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya**: Núm. 5183 – 29.7.2008.
- CLEMENT, J. J. Model based learning as a key research area for science education. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 22, n. 9, p. 1041-1053, 2000.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental models, conceptual models, and modeling. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 22, n.1, p. 1-11, 2000.
- KCVS. (2010a). **Rutherford Scattering**. Disponível em: <[http://www.kcvs.ca/site/projects/physics\\_files/rutherford/historical\\_scattering2.swf](http://www.kcvs.ca/site/projects/physics_files/rutherford/historical_scattering2.swf)>. Acesso em: 20 mar. 2012.

KCVS. (2010b) **Up Close Rutherford Scattering**. Disponível em: <[http://www.kcvs.ca/site/projects/physics\\_files/rutherford/scattering2.swf](http://www.kcvs.ca/site/projects/physics_files/rutherford/scattering2.swf)>. Acesso em: 20 mar. 2012.

KNECHT, W. (1968). **New trends in physics teaching (1965-1966)**, v.1, Paris: UNESCO.

MARX, G. (1975). Atoms in the school. **Proceedings of the first and second Danube Seminar**, Budapest: Roland Eötvös Physical Society, 1975.

MEHEUT, M.; PSILLOS, D. (2004) Teaching-Learning Sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, 26(5), pp. 635-652.

MENDONZA, L. E. V. (2008). La noción de obstáculo epistemológico en Gastón Bachelard. *Espéculo - Revista de Estudos Literários*, Madri, 38.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. (2000). Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Enseñanza de las Ciências**, 18(3), pp. 391-404.

PIETROCOLA, M. (2005). Modern Physics In Brazilian Secondary Schools. In: **International Conference on Physics Education**, Nova Delhi: ICPE, 2005.

SÃO PAULO (2008). **Proposta Curricular do estado de São Paulo – Física – Ensino Médio**.