

# **Uma proposta de aulas para tratar física nuclear e física de partículas no ensino médio**

## **A proposal for the approach of nuclear and particle physics in high school**

**Henrique Shiino**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo,  
henrique.shiino@gmail.com

**Graciella Watanabe**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo,  
graciewat@gmail.com

**Cleide Matheus Rizzato**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo,  
cleide.rizzato@ifsp.edu.br

**Giselle Watanabe-Caramello**

Universidade Federal do ABC,  
giselle.watanabe@ufabc.edu.br

### **Resumo**

Esse trabalho busca, por meio de uma proposta de aulas, explorar a temática física nuclear e de partículas e suas potencialidades para o contexto escolar do ensino médio regular e da educação para jovens e adultos. Para tanto, analisa-se um conjunto de atividades planejadas pelo docente da escola média, licenciandos e pesquisadores, que foram produzidas e aplicadas em sala de aula. Nessa proposta a preocupação central é articular os aspectos da física com questões de natureza social, política, econômica e cultural, ou seja, com outras esferas do conhecimento. Em especial, busca-se produzir reflexões sobre o papel da ciência na sociedade. Dos resultados, nota-se que os estudantes procuram construir suas opiniões baseando-se nos discursos científicos abordados em sala, mas que ainda demandam de uma postura mais crítica frente às tomadas de decisões.

**Palavras chave:** proposta de aulas, física nuclear, física de partículas, sociedade.

### **Abstract**

The purpose of this work is to explore topics in nuclear and particle physics and correlated themes, in the context of regular high school and youth and adult education, through the elaboration of an instructional sequence. To do this, we present a set of activities produced with the partnership between physics teacher, physics students and researchers. In this proposal the central concern is to articulate aspects of physics with issues of social, political,

economic and cultural, that is, with other areas of knowledge. In particular, we seek to produce reflections on the role of science in society. The results we present here indicate that students are trying to construct their opinions based on scientific aspects discussed in class, but still lack skills for a critical stance on decision making.

**Key words:** instructional sequence, nuclear physics, particle physics, society.

## Introdução

A inserção da física moderna é tema recorrente nas pesquisas em ensino e evoca a necessidade da atualização curricular das escolas básicas (OSTERMANN & MOREIRA, 2001). Nesse aspecto, diversos trabalhos apontam direcionamentos para a utilização da temática em sala de aula, como, por exemplo, no que se refere ao aspecto conceitual atrelado ao contexto social (GARCIA, 2009), ao debate sobre a relevância da ciência nacional (SANTOS-NETO, 2007; GURGEL; WATANABE, 2010), a física quântica e a relação com o perfil epistemológico (PINTO & ZANETIC, 1999) e a elaboração de atividades com o intuito de apresentar a estrutura da matéria (SIQUEIRA, 2006).

Nesse contexto, a educação científica parece ser um dos motivadores para o desenvolvimento de atividades que buscam atualizar os estudantes acerca dos temas atuais da física. Assim, a mudança de postura visando uma educação menos pragmática e mais crítica aparece como pano de fundo em alguns trabalhos, no entanto, poucos explicitam tais dimensões. Para Macedo e Katzkowicz:

Este processo de mudança deve estar baseado em uma nova relação entre ciência e sociedade, que só poderá existir se todos os cidadãos e cidadãs possuírem formação e cultura científica que lhes permitam compreender e administrar sua vida cotidiana, enfrentá-las e integrar-se a ela de maneira crítica e autônoma, estando capacitados a tomar decisões (MACEDO & KATZKOWICZ, 2003, p.69).

Portanto, para além da aprendizagem dos conteúdos, debates do âmbito da educação evocam novas demandas que perpassam a compreensão da ciência de forma mais ampla e que possam promover a articulação entre os conhecimentos científicos e sua relação com a sociedade. Nesse sentido, a escola possui, segundo Forquin (1993) o papel não de informar ou promover o conhecimento, mas nutrir a pensamento crítico:

Educar, ensinar, é colocar alguém em presença de certos elementos da cultura a fim de que ele deles se nutra, que ele os incorpore à sua substância, que ele construa sua identidade intelectual e pessoal em função deles. Ora, um tal projeto repousa necessariamente, num momento ou noutro, sobre uma concepção seletiva e normativa da cultura (FORQUIN, 1993, p.168).

Tais aspectos são fundamentais para a compreensão do ensino da física nuclear e da física de partículas que se procura nesse trabalho. Diante disso, nesse artigo propõe-se uma análise crítica acerca de um conjunto de atividades para a sala de aula que procurou articular o conhecimento científico e tecnológico com suas demandas sociais, políticas e econômicas. Nota-se que a intenção com isso é refletir sobre a proposta já aplicada na escola pública (SHIINO *et. al.*, 2013), procurando trazer elementos para novas articulações, capazes de promover maior participação dos alunos nas aulas de física.

## Referencial Teórico

A educação científica na escola, para além da apresentação dos conteúdos, possui uma responsabilidade política de apresentar a ciência e de articular seu conhecimento de maneira que o estudante possa expandir a sua cultura científica, reconhecendo-a como um bem econômico, político e social (LÉVY-LEBLOND, 2004). Para Auler e Delizoicov (2001) esse conhecimento deve ser pautado na desmistificação da neutralidade científica e no desvelamento dos mitos vinculados à ciência como *superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da CT e o determinismo tecnológico*, reforçado pelo discurso dos cientistas com o intuito de recuperar a perda de legitimação da ciência na sociedade atual.

Trazer essa dimensão – construção de uma postura crítica da sociedade frente às questões científicas - pode ser mais bem entendida quando contemplada como elemento norteador as ideias da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT). Isso implica, por exemplo, desvincular os avanços da Ciência e Tecnologia (CT) ao bem estar social e seu aspecto redentor, promovendo, assim, uma visão ampliada sobre a ciência. Segundo Auler e Delizoicov (2001):

(...) concebemos ACT ampliada como a busca da compreensão sobre as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade. Em outros termos, o ensino de conceitos associado ao desvelamento de mitos vinculados à CT. Por sua vez, tal aspecto remete à discussão sobre a dinâmica de produção e apropriação do conhecimento científico-tecnológico (AULER & DELIZOICOV, 2001, p. 10).

Resgatar discussões de cunho social englobando os conhecimentos científicos e tecnológicos envolvidos no debate científico pode ser instrumento relevante para promover uma discussão mais ampla sobre ciência. Nesse sentido, é necessária a superação de uma educação que se pautasse somente em uma perspectiva reducionista, que segundo Auler e Delizoicov (2001, p.6), ‘reduz-se a ACT ao ensino de conceitos, (...) aspecto que contribui para uma "leitura da realidade" que se poderia argumentar como sendo bastante ingênua’.

A partir dessas reflexões pode-se compreender que a importância conceitual do conhecimento da física moderna e contemporânea requer diálogo com outras dimensões do conhecimento, a exemplo do seu papel social, o desenvolvimento tecnológico e as perspectivas econômicas e políticas relacionadas à construção científica na atualidade. Nesse sentido, o debate aponta para uma dimensão que supere a visão estritamente conceitual e demonstre as posições sociais, políticas, econômicas etc. nas quais estão envolvidos os conhecimentos da física nuclear e de partículas no mundo atual.

Em função desse debate, propõe-se articular os temas científicos com os interesses sociais em uma proposta de aulas, produzida para alunos do ensino médio regular e educação de jovens e adultos (EJA). Em especial, essa proposta traz articulações do conhecimento da física e às demandas energéticas nacionais.

## **Apresentação e análise dos resultados**

A sequência apresentada nesse item foi elaborada em colaboração com licenciandos de física, pesquisadores e um docente da escola média. A organização das aulas foi pautada no debate conceitual atrelado às dimensões sociais e culturais, considerando dois eixos de discussão, apresentados na Tabela 1: (i) Energia, energia nuclear e física de partículas e; (ii) Implicações socioambientais, científicas e tecnológicas. O primeiro eixo refere-se à dimensão do conhecimento científico, e traz em particular discussões acerca dos conceitos de energia e energia nuclear. O segundo eixo pauta-se na dimensão social desse debate. Cabe ressaltar que

durante a produção das aulas procurou-se estabelecer diálogo entre os dois eixos, de forma que não é possível estabelecer uma divisão tão clara das atividades propostas. Há também uma tentativa de *complexificar* o conhecimento (GARCÍA, 2002), de modo que a cada aula novos conhecimentos são incorporados, assim como outras relações são produzidas. Além disso, procurou-se contemplar na proposta a organização curricular do docente da escola média.

Aulas propostas	Eixos organizadores
1ª. Matrizes energéticas e o consumo mundial.	Energia, energia nuclear e física de partículas.
2ª. Conceituação da energia e energia nuclear.	
3ª e 4ª. Átomo e núcleo: partículas e interações de natureza elétrica	
5ª. Átomo e núcleo: forças fundamentais e coesão nuclear.	
6ª. Reações nucleares: fissão e fusão e equivalência massa-energia.	
7ª. Obtenção da energia nuclear.	
8ª. Física das radiações e suas aplicações: decaimentos alfa, beta e gama.	
9ª. Usina termonuclear: os riscos e benefícios.	
10ª. Aceleradores de partículas: <i>Pelletron</i> e <i>LHC</i> .	
11ª. Bombas atômicas e suas implicações.	

Tabela 1: aulas propostas a partir dos eixos organizadores.

No eixo organizador ‘energia, energia nuclear e física de partículas’, especificamente, na 1ª aula apresenta-se a matriz energética brasileira e as diferentes fontes de energia, procurando abordar as questões socioambientais. Como exemplo, discute-se o consumo e demanda de energia mundial, contrapondo-os com o nacional. Nesse momento procura-se apontar para o desenvolvimento econômico. Na 2ª aula analisa-se o termo ‘energia’, tomando como referências as ideias de Feynman (1999). A intenção é procurar ‘definir’ a energia na perspectiva da ciência e apresentar o princípio de sua conservação. Nas 3ª e 4ª aulas discutem-se os tópicos introdutórios que trarão subsídios para tratar a física de partículas. Especificamente, examina-se a estrutura do átomo, a partir do modelo atômico clássico e seus constituintes (elétrons, prótons e nêutrons). Na 5ª aula retoma-se a discussão sobre o núcleo atômico, a interação elétrica e a questão da instabilidade do núcleo. Para discutir essa última questão, são apresentadas as quatro forças fundamentais da natureza: gravitacional, eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte. Na 6ª aula explora-se conceitualmente a obtenção e liberação da energia, através das reações nucleares. A partir da 7ª aula a discussão volta-se aos elementos que são utilizados para obtenção da energia nuclear. Na 8ª aula abordam-se as radiações alfa, beta, gama e raios X, sua fenomenologia e a relação com as partículas nucleares. Discute-se o poder de penetração das radiações nos objetos e seres vivos.

No eixo organizador ‘implicações socioambientais, científicas e tecnológicas’, especificamente, na 9ª aula aborda-se a questão do aproveitamento da energia liberada por meio das reações nucleares, procurando evidenciar os riscos envolvidos nesse processo. A princípio, retomam-se alguns conceitos da Termodinâmica (como o calor) com ênfase no funcionamento de uma usina termoeletrica movida, por exemplo, a carvão; posteriormente, utiliza-se um discurso análogo para tratar do combustível nuclear. Em seguida, discutem-se as implicações do uso da tecnologia nuclear, evidenciando os riscos envolvidos. Tais riscos envolvem desde a instalação e funcionamento das usinas até os resíduos atômico-nucleares. Somente como exemplo, trabalha-se a questão de que ‘um dos grandes desafios para a sociedade, ciência e tecnologia é solucionar a difícil questão do lixo atômico’. Na 10ª aula discute-se o papel das radiações na compreensão da estrutura da matéria. A intenção com isso

é abordar o que são, para que servem, como funcionam e quais as implicações sociais, políticas e econômicas relacionadas aos aceleradores de partículas, tais como o *Pelletron* e o Grande Colisor de Hadrons (do inglês *Large Hadron Collider*) - LHC. Nessa aula há uma preocupação em examinar o papel dos aceleradores no que se refere ao desenvolvimento da ciência e tecnologia e o financiamento público a esse tipo de empreendimento. Note que ao se discutir os aceleradores também é possível mostrar que a física é uma ciência em construção, o que implica que está aberta às descobertas, inovações e aplicações. Na 11ª aula discute-se sobre as implicações decorrentes da construção da bomba atômica. A intenção é mostrar que, além dos riscos provenientes do uso da energia nuclear, há que se considerar a manipulação política e econômica sobre o assunto, tomando como exemplo a produção das bombas atômicas (*Little Boy* e *Fat Man*), desenvolvidas no Projeto Manhattan.

Ao final dessas aulas foram propostas algumas discussões com os estudantes sobre a temática tratada. Inicialmente os alunos dissertaram sobre a energia nuclear; em seguida, discutiram o tema. Dessas ações, foi possível identificar algumas falas que apontam para uma articulação mais consistente acerca do conhecimento científico, assim como alguns ajustes que serão necessários nessa proposta, tal como apresentadas no item a seguir.

## Considerações finais

A física nuclear e a física de partículas aparecem como temas relevantes dentro dos currículos escolares sendo, no entanto, ainda pouco abordados de forma mais crítica, na qual o aluno possa efetivamente ter elementos para se posicionar diante de um problema que o envolve. Com o intuito de promover uma reflexão acerca das potencialidades de tratar essa temática no âmbito do conhecimento e das relações sociais, foram propostas nesse trabalho algumas aulas que aproximassem essas duas perspectivas.

Dessa aproximação, no que se refere a educação de jovens e adultos, é possível notar que esse tipo de abordagem faz consonância com as pesquisas de busca superar a visão tradicional do currículo, em especial os relacionados à ciência. Tal postura implica em reconhecer a singularidade do contexto da educação EJA propondo alternativas curriculares que sejam efetivamente associados ao conhecimento desses estudantes trazidos da sua vivência e da maturidade das reflexões ao longo da vida (OLIVEIRA, 2007). Nesse sentido, o ensino de física moderna não pode ser contemplado somente como uma visão formalista do conhecimento, mas que busque articular diversos saberes e que traga debates que enriqueçam a vida cotidiana desses alunos. Na proposta, nota-se que houve maior participação dos alunos quando puderam se posicionar, em especial, nas discussões realizadas no eixo organizador ‘implicações socioambientais, científicas e tecnológicas’.

Ainda nesse contexto, uma primeira análise das respostas dos alunos aponta para um discurso mais elaborado, contemplando tanto argumentos presentes no contexto escolar - conhecimento científico - quanto sociais, políticos e econômicos. Isso aparece na fala dos alunos 1 e 2: “É um tipo de energia que é obtida pelos núcleos dos átomos e pode ser aproveitada para gerar energia elétrica” [aluno 1]; “É a energia liberada de partículas que constituem os átomos e a matéria” [aluno 2].

Em outro momento, ao debateram sobre o papel dos estudos da física nuclear, os estudantes foram convidados a se posicionarem criticamente sobre o tema. Houve, na fala do aluno 5, a defesa pela inserção de usinas nucleares: “Desde que não façam armas nucleares”; o papel da física nuclear na sociedade: “(...) pode ajudar na medicina e também gerar eletricidade”; seus aspectos conceituais de pesquisa: “(...) serve para realizarem pesquisas e descobrirem a matéria.” e a possibilidade de outras alternativas de produção de energia no país além da

nuclear: “O Brasil pode usar outras formas de energia”.

Ainda que a análise seja preliminar, pudemos perceber que o desenvolvimento das atividades com os estudantes do ensino médio e do EJA mostraram, a partir da fala dos alunos, indícios de articulação e posicionamento sobre a temática física nuclear e sua relação com o conhecimento científico. Em particular, no caso do EJA, observa-se nesses debates elementos de engajamento, pois abarcam os conhecimentos cotidianos trazidos por esses sujeitos ao contexto escolar de forma a subsidiar esses alunos a uma tomada de posição e ao mesmo tempo superando distorções de uma educação infantilizada (OLIVEIRA, 2007).

Por outro lado, considerando a experiência do professor e a percepção do pesquisador, notou-se problemas de participação dos alunos devido à extensão da sequência proposta. Nesse sentido, e como continuidade do trabalho, para as próximas etapas estamos propondo reflexões mais curtas. Assim, optamos por acomodar os temas em quatro blocos reduzidos, a saber: (1) Aceleradores e aplicações à Medicina; (2) Evolução dos detectores e “zoo” de partículas; (3) O Modelo Padrão; e (4) Modelos atômicos.

A escolha dos temas e a ordem em que eles serão abordados se baseiam na estratégia de iniciar as discussões com assuntos que sejam comuns no cotidiano dos estudantes, daí a necessidade de colocar a temática “aplicações à Medicina” no primeiro bloco. Ao mesmo tempo, queremos que o uso e desenvolvimento de tecnologia também apareçam para propiciar a discussão sobre a física de partículas – e aí se encaixam os aceleradores, em particular o LHC. Os outros blocos tratam de temas que são um pouco mais elaborados do ponto de vista do ensino de física, mas que serão sempre “comparados” com descobertas já feitas em ciência. Por exemplo, na discussão do Modelo Padrão podemos fazer um paralelo com a tabela periódica; o bóson de Higgs pode ser “comparado” ao neutrino (no sentido da predição teórica) e o próprio LHC pode ser “comparado” ao Pelletron, que é um laboratório acessível aos nossos estudantes.

Essa proposta é uma das possibilidades de trabalho visto que outros recortes podem ser produzidos a partir das onze aulas já organizadas. Além disso, como um desafio desse trabalho, propomos futuramente analisar as opções e interesses dos professores ao realizarem seus recortes: Quais escolhas fazem? O que consideram elementos relevantes?

## **Agradecimentos e apoios**

Agradecemos a Capes e CNPq pelo apoio financeiro concedido ao projeto ‘Temas socioambientais na educação escolar: perspectiva da complexidade’; assim como a bolsa institucional oferecida ao aluno de Iniciação Científica dessa equipe.

## **Referências**

- AULER, D. & DELIZOICOV, D. **Alfabetização científica para quê?** Revista Ensaio, 3(1), 2001.
- FEYNMAN, R, P. **Física em Seis Lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.
- FORQUIN, J.C. **Escola e cultura: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar**. Porto Alegre: Artmed, 1993.
- García, J. E. **Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares**. Espanha: Díada Editora S. L., 1998.
- GARCIA, L.V.S. **A física moderna e contemporânea no ensino médio: caminhos para a**

**sala de aula.** Dissertação de Mestrado - Instituto de Física - Universidade de São Paulo, 2009.

GURGEL, I. & WATANABE, G. **A identidade cultural como um problema ao ensino de física.** In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Águas de Lindóia. Anais XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2010

LÉVY-LEBLOND, J. **La Science en mal de culture.** Paris: Futuribles, 2004.

MACEDO, B. & KATZKOWICZ, R. **Educação científica: sim, mas qual e como?** In: MACEDO, B. (Org.) *Cultura científica: um direito de todos.* Brasília: Unesco, 2003.

OLIVEIRA, I.B. **Reflexões acerca da organização curricular e das práticas pedagógicas na EJA .** In: Revista Educar, 1(29), 2007.

OSTERMANN, F. & MOREIRA, M.A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física moderna e contemporânea no ensino médio".** Investigações em Ensino de Ciências, 5(1), 2001.

PINTO, A.C. & ZANETIC, J. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 16(1), 1999.

SANTOS-NETO, E.R. **Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem para compreensão da ciência e da atividade científica.** Dissertação de mestrado - Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo, 2007.

SHIINO, H. et. al. **Uma proposta para sala de aula sobre a Física Nuclear e a Física de Partículas.** In: XX SNEF - Simpósio Nacional Ensino de Física. São Paulo, XX SNEF - Simpósio Nacional Ensino de Física 2013.

SIQUEIRA, M.R.P. **Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio.** Dissertação de mestrado - Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo, 2007.