Questionário do minicurso sobre Astrofísica

Oscar T. Matsuura
Professor aposentado do IAG/USP, colaborador do MAST/MCTI e HCTE/UFRJ

Atendendo a um convite dos organizadores, tive a oportunidade de oferecer em 24/10/14, durante o III SNEA realizado na Faculdade Tecnológica do Paraná, em Curitiba, um minicurso intitulado "Ensinando astrofísica contando a sua história". O tema inicialmente proposto era Astrofísica. Após restringi-lo à Astrofísica Estelar, adotei a abordagem histórica como ferramenta pedagógica, o que transformou a tarefa num estimulante desafio e suscitou, para mim mesmo, inúmeras indagações. Sem saber eu mesmo responder a todas elas, nem encontrar respostas na bibliografia consultada[1], aproveitando a duração de duas horas do minicurso, resolvi apresentar três breves *PowerPoints*, o primeiro sobre conceitos (conhecimento), o segundo sobre a lógica da construção do conhecimento (método científico) e o terceiro sobre a história da astrofísica (primeiros questionamentos, interação teoria-instrumentação-observação-codificação de dados, inflexões históricas e análise de suas causas e razões, fatores humanos e sociológicos intervenientes), de modo a deixar bem explicitadas três diferentes abordagens didáticas para um mesmo assunto, o que abriria espaço naturalmente para uma discussão sobre a utilização da história para o ensino da Astrofísica.

O *PowerPoint* intitulado "Conceitos astrofísicos" envolveu um conjunto mínimo de definições consideradas necessárias para a compreensão de uma narrativa do nascimento e evolução de estrelas, estas categorizadas por suas massas, até atingir seus estágios terminais. A evolução do Sol foi utilizada para balizar a divisão entre estrelas de pequena e grande massa. As definições incluíram os termos: galáxias, meio interestelar, nuvens moleculares, colapso gravitacional, conservação de momento angular, discos protoplanetários, embriões, planetesimais, planetas, aquecimento por contração gravitacional, equilíbrio hidrostático, estrelas, anãs marrons, reações de fusão nuclear, origem e abundância dos elementos, sequência principal, anãs, gigantes, supergigantes, nebulosas planetárias, anãs brancas, estrelas de nêutrons, pulsares e buracos negros. Na medida do possível, foram dados exemplos facilmente acessíveis por observação, ou amplamente citados ou mostrados em imagens, dos diferentes objetos astronômicos. O fio condutor da narrativa que articulou os conceitos foi a evolução estelar.

O *PowerPoint* "Construção da astrofísica" abordou a luz visível como caso particular da radiação eletromagnética, as janelas atmosféricas do visível e das ondas de rádio, a decomposição da luz pela espectroscopia, o espectro solar com as linhas de Fraunhofer, as leis de Kirchhoff, a lei de Planck do corpo negro, a série de Balmer e a equação de Rydberg, o modelo do átomo de Bohr, o efeito Doppler, os tipos espectrais e a sua interpretação pela equação de Saha, luminosidade, a relação entre luminosidade e brilho (magnitude) mediada pela distância, métodos básicos de determinação de distância, massa e raio de estrelas, classes de luminosidade, o diagrama H-R, equações básicas da estrutura

[1] Nossa bibliografia sobre ensino de Astrofísica é significativamente mais escassa do que a sobre ensino de Astronomia. Na busca pela palavra "Astrofísica", esta geralmente só aparece em listas de disciplinas ou em nomes de instituições.

estelar (incluindo a taxa de produção de energia por reações nucleares), cálculo simplificado da duração da sequência principal, populações estelares I e II, suas diferentes composições químicas e idades, estas determinadas pelo "ponto de abandono da sequência principal". As etapas da construção do conhecimento: conceber e construir instrumentos, fazer observações, coletar e organizar os dados, interpretá-los à luz de uma teoria, realizar cálculos e simulações, confrontar predição com observação, revisar a teoria, foram claramente descritas, assim como as suas interações.

Por fim, o *PowerPoint* "História da astrofísica" abordou o velho questionamento acerca da natureza dos astros, desde a era dos mitos até a ruptura das preconcepções aristotélicas de perfeição e eternidade por Galileo e Tycho Brahe, de finitude por Giordano Bruno e Thomas Digges, e de dicotomia entre os mundos supralunar e sublunar por Newton. E quando Auguste Comte pontificou que o homem jamais conheceria a composição dos astros, logo ele foi desmentido pelo advento da espectroscopia estelar, da técnica fotográfica, da teoria eletromagnética, das leis de Kirchhoff, da equação de Rydberg e do modelo do átomo de Bohr.

Por falta de tempo, a classificação espectral de Harvard, a interpretação dos tipos espectrais pela equação de Saha, a montagem do diagrama H-R, o desenvolvimento da física nuclear e sua aplicação entre 1930-1950 nas questões da geração da energia estelar, da origem e abundância cósmica dos elementos, o estudo das anãs brancas, das estrelas de nêutrons e dos buracos negros foram apenas mencionados como possíveis tópicos autônomos da história da ciência.

Por fim foi projetado na tela o "Questionário" abaixo, respondido logo em seguida por escrito, e cujos resultados sobre 34 respostas coletadas são também apresentados abaixo em itálico.

1. Você acha que todo cidadão deve ter aprendido noções de Astrofísica? Justifique brevemente sua resposta.

   28 responderam que sim, porque se trata de conhecer o meio em que vivemos; 1 respondeu que não, porque os professores não sabem e 3 responderam que essas noções só devem ser ensinadas àqueles que tiverem interesse.

2. Qual deve ser o objetivo a ser alcançado pelo ensino de Astrofísica no nível médio: A) conhecimento da natureza; B) aquisição de alguma habilidade (qual?); C) aquisição de valores (quais?); D) outro (especificar)

   A) 28
   B) 21
   C) 21
   D) 3 (história, epistemologia, proteção de catástrofes)

3. Coloque as 5 letras alfabéticas na ordem decrescente de importância para o cidadão, dos itens listados abaixo (pode omitir a letra se achar que o item não tem nenhuma importância):
    A. Noções sobre a natureza dos astros
    B. Vida de grandes astrofísicos
    C. Noções sobre a construção do conhecimento astrofísico
    D. Noções sobre a validade do conhecimento científico
    E. Informações sobre a utilidade da astronomia

    A ordem preferencial foi A D C E B.

4. Na sua opinião, qual é o número de horas-aula que pode ser reservado para a Astrofísica?

    Cerca de 8 horas-aula.

5. Desse tempo total, que porcentagem você reservaria para:
    A. conceitos científicos, exercícios teóricos
    B. método científico, atividades práticas
    C. História, discussões

    Porcentagem decrescente na sequência A B C.

6. Qual é o principal gargalo no ensino da Astrofísica?

    Formação deficiente dos professores (16). Falta de textos, materiais didáticos e propostas de atividades (15). Desinteresse do professor (1). Problema estrutural (1). Matematização (1).

7. Como o aluno poderia receber o estímulo inicial?

    Visita a museus e observatórios, atividades práticas, mostra de vídeos, questionamentos intrigantes em sala de aula, uso de recursos digitais, exibição de belas imagens (26). Os alunos já são estimulados pela imprensa e TV, cabendo apenas explorar isso (4).

8. Como a história pode ser explorada como ferramenta pedagógica para o ensino da Astrofísica? Aponte temas, abrangência, abordagens e diferentes formas de apresentação (textos, vídeos, atividades...)

    Mediante bons textos e vídeos (19). Mediante dramatização, RPG (6).
    Fora do Questionário foi sugerido que a história da ciência sublinhe o caráter provisório do conhecimento científico, o caráter social de sua construção e as questões epistemológicas; que os temas respondam a questionamentos existenciais; que as questões ainda não resolvidas não sejam escamoteadas; que a luz visível seja

apresentada no contexto mais amplo da radiação eletromagnética; que os vídeos sejam apresentados em sala de aula sempre com a mediação do professor.

Obviamente as respostas ao Questionário não são prescritivas. Mas elas devem representar a percepção vigente sobre os problemas e soluções concernentes ao ensino básico da Astrofísica, de professores que em sala de aula, no dia-a-dia, lidam com essas questões convivendo diretamente com os alunos, e nisso consiste o seu valor.

Feita esta ressalva, de tudo o que se viu parece que noções de Astrofísica Estelar devem ser ministradas a todos os alunos no ensino médio, pois os seus conteúdos têm um valor existencial. Coerentemente com esta justificação, a maioria dos respondentes deu pesos quase equivalentes ao ensino de conceitos, de habilidades e de valores como objetivos do ensino de Astrofísica no ensino médio. Mas, o ensino de conceitos foi sempre considerado prioritário, seguido de epistemologia, metodologia e história.

Se o tempo reservado para a Astrofísica for de 8 horas-aula, o que pode nele caber? A maioria respondeu que a maior parte do tempo deveria ser para o ensino de conceitos e exercícios teóricos, em seguida para atividades práticas e, por fim, para história e discussão. Ou seja, é bastante consensual que a história deve ter apenas um papel subsidiário no ensino.

Quanto ao gargalo no atual ensino da Astrofísica, uma das respostas bastante frequente insinuou uma solução que parece estar ao nosso alcance e sob nosso controle, a saber, a produção de textos e materiais didáticos que sejam amplamente disponibilizados aos professores. Uma primeira contribuição para a melhoria do ensino de Astrofísica, seria então a produção de textos e vídeos com excelência de qualidade pela seleção criteriosa de temas, correção e clareza, que seriam democraticamente disponibilizados para professores e alunos. Nesse conjunto de textos e vídeos, uma parte abordaria os conceitos básicos da Astrofísica, preferencialmente relacionados interdisciplinarmente aos temas normalmente ensinados na Física, Matemática, Química e Biologia. Haveria também textos e vídeos abordando algumas atividades práticas simples e outros abordando a história da Astrofísica de forma rasa, porém, cronologicamente abrangente, priorizando a ilustração da construção do conhecimento científico, da sua natureza, historicidade e limites. Tópicos e episódios específicos da história da Astrofísica ficariam para depois.

Para mim, esta experiência teve a importância de mostrar que os materiais didáticos pelos quais os professores clamam, podem ser produzidos e disponibilizados a eles, em ampla escala, com relativa facilidade, sem necessidade de investir recursos vultosos. A Astrofísica, que deve ser ensinada para a formação básica de todo cidadão, deve ser criteriosamente dosada para que a ambição de querer ensinar demais, não resulte na falha catastrófica de não se ensinar nada.

Termino agradecendo às pessoas que responderam o Questionário e convido todos o que se preocupam com a melhoria da qualidade do nosso ensino básico de ciências que, tendo comentários e sugestões que possam contribuir para esta discussão, que me enviem para *otmats@terra.com.br*.