
PRESSUPOSTOS FILOSÓFICOS E PEDAGÓGICOS PARA UM CURSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O ENSINO DE FÍSICA¹

Prof. Dr. Ricardo Roberto Plaza Teixeira
Doutor em Física e Professor do CEFET-SP

Este trabalho objetiva estabelecer alguns pressupostos filosóficos e pedagógicos para a elaboração de um curso de formação de professores para o ensino de Física que esteja afinado com as mudanças tecnológicas e materiais vividas nos dias de hoje e com as necessidades educacionais decorrentes desta realidade. São realizadas, neste sentido, algumas reflexões relacionando educação, conhecimento, interdisciplinaridade e complexidade, e no final são propostas algumas sugestões para cursos de formação inicial de professores para o ensino de Física de acordo com as reflexões prévias.

1. CONHECIMENTO E COMPLEXIDADE

O estudo do conhecimento humano, da forma como conhecemos e compreendemos o mundo que nos cerca, tem recebido valiosas contribuições nas últimas décadas. Conhecer é, sob um certo prisma, obter ordem a partir do ruído desordenado das nossas sensações. Conhecer e aprender são processos que se interligam. Mas, o que é conhecimento? Conhecimento é, primeiramente, um **processo simultaneamente cerebral, social e cultural**, ou seja, a conjugação de termos inatos, adquiridos e construídos que produzem uma ponte de união para o conhecido a partir do desconhecido no ato de aprender.

As formas como a humanidade elaborou o conhecimento se transformaram ao longo da sua história. Entre os gregos antigos, podemos dizer que a produção do conhecimento estava ligada à contemplação da natureza que nos cerca, objetivando a apreensão da sua essência, por meio da reflexão e da filosofia. Obviamente houve grandes

experimentalistas na antigüidade clássica, como, por exemplo, Arquimedes, mas essas atividades em última análise estavam de certa forma "pautadas" pela procura da "essência"; alguns tentaram construir explicações-tentativas que fugissem destes mecanismos idealistas de interpretação do mundo, mas não foram hegemônicos. Durante a Idade Média, na Europa, o conhecimento esteve sobretudo relacionado à revelação, que poderia ser obtida tanto das sagradas escrituras como de textos originários da civilização clássica greco-romana; em outras regiões do mundo (árabes, hindus, chineses, etc) o desenvolvimento do conhecimento científico nesta época foi considerável, entretanto não trataremos dele aqui. Com o desenvolvimento das cidades e do comércio, paulatinamente começou a se desenvolver um certo espírito empirista que cresceria, se transformaria e iria desembocar na revolução científica dos séculos XVI e XVII, com a construção do método científico e com o aparecimento da primeira disciplina científica baseada neste método, a Mecânica Clássica, que também por ser a primeira passou

¹ Agradeço ao Prof. Marcos Pires Leodoro pelas discussões ricas que muito contribuíram para a elaboração destas reflexões.

a ser encarada como modelo para o fazer científico, influência essa que pode ser denominada de "mecanicismo". Suas características: a universalidade, a causalidade, o determinismo e o reducionismo absolutizados e a matematização, como pressuposto da ciência. A ciência clássica, com as suas diversas disciplinas foi então crescendo até atingir o seu apogeu no século XIX.

Com a virada para o século XX, começaram a aparecer rachaduras no edifício até então sólido da ciência clássica. À Mecânica Clássica e ao Eletromagnetismo Clássico — os dois pilares da chamada Física Clássica — se adicionavam novas teorias concorrentes, a Teoria da Relatividade e a Física Quântica, que revolucionaram a nossa maneira de ver o mundo. Novos princípios limitadores da nossa capacidade de conhecer o mundo apareciam, quebrando a visão da ciência necessariamente como uma empreitada totalizadora: o princípio da incerteza de Heisenberg e o Teorema da Incompletude de Gödel foram as "pontas-de-lança" deste movimento. Incertezas, no que diz respeito à nossa capacidade de conhecer, passam a fazer parte do universo de ação da ciência; abrem-se fronteiras, de acordo com a afirmação de Pascal: "Nem toda a contradição é indício de falsidade, nem a não-contradição é indício de verdade". Assim sendo, o observador, que classicamente não tinha que ser levado em conta na construção do conhecimento, já que as observações independiam do observador a menos das técnicas de observação, passa agora, como operador de conhecimento, a necessariamente ter que transformar-se simultaneamente em objeto deste conhecimento. A observação é basicamente um ato cognitivo de recorte! A ciência vista de forma global tem que ser feita também sobre o sujeito e não somente sobre o objeto. Do ponto de vista da percepção, a questão é ainda mais profunda, pois os mecanismos de

observação da ciência moderna, por exemplo no caso da pesquisa atômica e nuclear, dependem cada vez mais dos modelos teóricos dos quais o raciocínio parte: "Na ciência moderna, a percepção ocorre diretamente através da mente. Cada vez mais as teorias determinam a forma e a função dos instrumentos de observação. São as teorias e secundariamente os instrumentos que nos colocam em contato com o real" (Leodoro 1998).

A fragmentação disciplinar e a divisão de trabalho na ciência, que permearam boa parte do século XX e que tem seus pressupostos e sua origem no século anterior, produziu na educação a divisão curricular em geral e, no ensino da ciência, seguiu o paradigma do fordismo-taylorismo de linhas de produção. Assim sendo, a permanência hegemônica de modelos curriculares fragmentados, até hoje, indica que, em muitos sentidos, somos ainda seres da segunda metade do século XIX! Na ciência, a característica maior deste modelo é a especialização — uma disciplina se divide em subdisciplinas e essas em milhares de campos e subcampos distintos, cada qual com seus *experts*. De acordo com estudos de citações relatados por John Ziman, um pesquisador ativo e especialista em uma área, atua numa extensão da ordem de 1% de uma disciplina acadêmica convencional! Assim, como percebeu Thomas Kuhn, a ciência normal, longe de ter um caráter predominantemente investigativo, torna-se um imenso jogo de quebra-cabeças que pressupõe que **todas** as peças do "jogo" existem para completá-lo, bastando para isso encontrar as que estão escondidas: esse é o trabalho do cientista da ciência normal!

Com o desenvolvimento do conhecimento em rede, esse passa a ser representado não como um acúmulo linear, lógico e cronológico de saber e de informações, mas sim por um "mapa multidimensional" com fronteiras mais ou menos claras entre

disciplinas e campos, com pontes escondidas entre eles em outras "dimensões", como num modelo de "infecção epidemiológica": descobertas, conceitos, idéias, técnicas e fatos empíricos de uma área podem vir a ter implicações inesperadas em outras áreas aparentemente desconexas e distantes. Mudam-se até mesmo as próprias identidades disciplinares, com esta evolução. Aqui temos o que se denomina de "transpecialização", de acordo com a qual ocorrem "pervasões" de uma disciplina/campo em outra disciplina/campo, graças essencialmente ao atos criativos da imaginação humana que fecundam o fazer científico, sobretudo em ambientes de equipes interdisciplinares. É o novo modo de produção científica: em rede, em equipe, com multidisciplinaridade, analisando o contexto da aplicação, com conexões entre as diversas áreas de conhecimento. Obviamente esta ciência só é produzida a partir do terreno econômico-social que lhe dá sustentação; é sabido que a ciência, antes de ser fruto da cabeça de algum cientista genial, é filha da sua época e do momento histórico-social que a produziu.

Na verdade, mesmo nas portas do século XXI, modelos mecanicistas ainda são extremamente fortes no imaginário popular: a forma como o projeto Genoma, por exemplo, é divulgado (segundo a qual em última instância um ser humano seria reduzido a sua carga genética) é uma evidência empírica deste fato! Uma tentativa, entretanto, de superar o mecanicismo simplificador é o conceito de complexidade, segundo o qual o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações e acasos constitui **efetivamente** o nosso mundo dos fenômenos. Ao pensamento mecanicista/reducionista se contrapõe o pensamento complexo/interdisciplinar. A incerteza não é mais algo a ser eliminado ou minimizado, mas sim parte constituinte da produção

de conhecimento. Os riscos passam a ser a energia propulsora do pensamento complexo e as certezas absolutizadoras tornam-se, desta maneira, obstáculos à evolução do conhecimento científico. Segundo Japiassú: "O pensamento só progride arriscando suas próprias certezas".

Morin é um dos teóricos com significativas contribuições para a análise do processo de conhecimento. Para ele a cognição se dá dentro de três princípios fundamentais de inteligibilidade: 1) um princípio "dialógico", definido como sendo a associação complexa — complementar, concorrente, antagonista — de instâncias necessárias à existência, ao funcionamento e ao desenvolvimento de um fenômeno organizado; 2) um princípio recorrente de interação e retroação, de acordo com o qual os processos acontecem em circuitos nos quais os efeitos retroagem sobre as suas causas num anel recorrente; 3) um princípio sobre a relação entre a parte e o todo, segundo o qual o todo está na parte que está no todo, estando a parte mais ou menos apta para regenerar o todo (o pensamento tem também um caráter fractal). Assim, quando excluimos o antagonístico estamos destruindo o sistema.

2. EDUCAÇÃO E INTERDISCIPLINARIDADE

Qual é então o objetivo da educação? Educação se relaciona fundamentalmente ao método que é o aprender a aprender. Segundo Morin: "o fim do método é ajudar a pensar por si mesmo para responder ao desafio da complexidade dos problemas". Dito de outra forma, o objetivo da educação é "o esclarecimento e a problematização dos meios e fins do empreendimento humano de conhecer o mundo" (Leodoro 1998).

O modelo de escola hegemônico no século XX privilegiou uma forma de

educação mecanicista, com modelos explicativos simplificadores, reducionistas, compartimentalizadores e generalizantes e com uma fragmentação excessiva do conhecimento em disciplinas, temas e tópicos. Por ele, o currículo é estruturado segundo uma linearidade casual do mais simples ao mais complexo e com ênfase na resolução algorítmica de problemas abstratos, utilizando uma forma de pensamento analítico, simbólico, lógico e formal. A educação não é dirigida para a solução de problemas reais mas "para a manutenção do discurso no mais alto nível intelectual possível"!

Um modelo alternativo a esse vem sendo construído aos poucos, procurando contrapor uma aprendizagem de fato significativa à aprendizagem baseada na simples memorização e repetição. No modelo interdisciplinar de educação, predomina uma forma de pensamento dialético e que visa à compreensão da totalidade da realidade concreta, por aproximações, por tentativa e erro, pelas conexões de diferentes campos do saber e pelas sincronidades observadas, pela descoberta autônoma, pela busca constante em trabalhar com problemas significativos, pela investigação e elaboração de conjecturas explicativas, por uma postura científica e também filosófica diante do conhecimento. Seu lema poderia ser: se o conhecimento hoje se dá enquanto rede, a educação científica também tem que se realizar enquanto rede!

O pensamento reducionista não é algo a ser descartado pura e simplesmente, pois ele é importante para o salto, necessário para o pensamento complexo. Outro fato que merece ser destacado é que a riqueza do conceito de interdisciplinaridade pressupõe a existência de disciplinas: ela não é a eliminação pura e simples da disciplinaridade mas a sua superação dialética pelas interconexões entre os diferentes saberes! Propostas

interdisciplinares surgem e se apóiam nas disciplinas: para haver interdisciplinaridade tem que haver disciplinas. Adicionalmente, cada disciplina tem uma plasticidade limitada que deve ser respeitada. A relação assim entre o ideal e o complexo não é de simples antagonismo; para Morin "o espírito humano deve desconfiar dos seus produtos ideais, os quais ao mesmo tempo lhes são vitalmente necessários. Não deve instrumentalizá-los totalmente. Não deve fazer-se instrumentalizar por eles".

A transversalidade e a interdisciplinaridade realçam o problema de que a quantidade de informações ensinada é muito grande; assim, não se trata de justapor o que se tinha antes com coisas novas para não se cair no enciclopedismo. Um cuidado necessário deve ser tomado com relação ao possível "travestimento" de conceitos, com as "pseudo-interdisciplinaridades da vida" — por exemplo, fazer o que se fazia antes apenas renomeando a prática, como sendo "interdisciplinar" — o que muitas vezes não passa de uma justaposição ou da "conexão de mim comigo mesmo"! Não podemos ter medo de ousar — desde que com responsabilidade e consciência — e de tentar fazer o que não se fazia antes, de fazer diferente, de não repetir, procurando sempre o estado poético existente em qualquer estado prosaico, o sujeito noturno, que, nas palavras de Bachelard, existe em todo sujeito diurno!

Com certeza, as mudanças na produção da ciência e na educação da ciência estão relacionadas às mudanças na economia, sobretudo quando percebemos o esgotamento do paradigma fordista-taylorista da sociedade industrial. Assim como a fragmentação disciplinar do conhecimento produzido e ensinado foi fruto do modelo fordista-taylorista, a interdisciplinaridade vem no bojo da economia de produção flexível e da globalização. Lembremo-nos de que a

consciência do ser humano, e conseqüentemente a sua cultura, não é construída a partir do vazio: "Não é a consciência dos homens que determina o seu ser, mas, ao contrário, é o seu ser social que determina a sua consciência" (Marx 1978). Assim sendo, a prática da educação científica tem que estar coerente com o panorama científico atual, não somente em termos das atualidades científicas que surgem a todo instante mas também, principalmente, de acordo com os seus pressupostos. O fato de que a interdisciplinaridade vem no bojo de toda uma globalização muitas vezes nefasta para países pobres como o Brasil, não pode nos impedir de aproveitar a oportunidade para construir uma educação que realmente colabore com a construção de uma cidadania efetiva; nas palavras de J. T. Santomé: "Poucas vezes ao longo da história foi tão urgente a aposta em uma educação verdadeiramente comprometida com valores de democracia, solidariedade e crítica, se quisermos ajudar cidadãos e cidadãs a enfrentar essas políticas de flexibilidade, descentralização e autonomia propugnadas nas esferas trabalhistas. É preciso formar pessoas com capacidade de crítica e solidariedade, se não quisermos deixá-las ainda mais indefesas".

3. AS CIÊNCIAS FÍSICAS E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Até o século XIX era usado o termo filosofia natural — conjuntamente com o termo história natural — para indicar o campo de conhecimento que visava à compreensão da natureza e do mundo que nos cerca. No século XX foram-se aprofundando cada vez mais as diferenças entre as várias disciplinas da ciência: a física, a química, a biologia, etc. Cabe, agora, uma tentativa de re-interconexão dos diferentes saberes. Disso decorre a proposta de

trabalharmos também com o conceito de "Ciências Físicas" de forma complementar à velha Física que como disciplina escolar infelizmente esteve sistematicamente compartimentalizada e desconectada da realidade. As "Ciências Físicas" conectariam a Física com outras áreas que com ela têm campos de interseção: a Astronomia, a Meteorologia, a Geologia, a Química, a Biologia e a Oceanografia. É importante entretanto lembrar que ela se diferencia de uma genérica "Ciências da Natureza", já que tem um eixo disciplinar claro em torno da Física e das suas construções teóricas, buscando compreender o universo em que vivemos e a forma como ocorre a construção histórica do conhecimento científico.

Mas quais são as mudanças conceituais e práticas que se quer atingir? Alguns pontos devem ser salientados no esforço para a construção de um novo modelo de educação científica. Em primeiro lugar, é necessário forjar/utilizar macroconceitos em cada área específica, que possam ser integradores dos vários conceitos dentro das "Ciências Físicas": a energia, por exemplo, aparece naturalmente como um conceito transversal chave para a compreensão da natureza e da sociedade. Para tornar os conceitos significativos, muitas vezes é necessária e recomendável a utilização de metáforas e modelos visando à compreensão melhor da natureza, seja pelas analogias didáticas, seja pelos conceitos de uma disciplina que são transpostos para outra, pervadindo-a. Estratégias de problematização visando à resolução de problemas complexos e concretos — usando de início ou no processo, problemas que tenham a amplitude necessária para "detonar" a busca ativa pela sua solução — devem sempre estar permeando o ato educacional. Isto significa focar nos macroconceitos mais interessantes e problematizadores, em detrimento do enciclopedismo.

É importante também sempre ter em mente que aulas transversais e interdisciplinares são tarefas complexas; sendo assim, a grande tarefa do professor é, de certa forma, modelar o caos e saber se comunicar e se expressar, interagindo de forma efetiva com seus estudantes. O professor tem que tomar a decisão de forma autônoma sobre o que ensinar a cada momento e sobre qual o fluxo de qualquer curso. Portanto, um bom livro-texto pode ser aquele com mais material do que se vai ensinar e da mesma forma um professor não tem que se sentir constrangido por não "percorrer" todos os capítulos de um livro, esgotando-os! A escolha a ser feita pelo professor a cada momento — complexizar ou reduzir? — deve se basear no seu conhecimento do campo sobre o qual está ensinando e deve também se basear de forma consciente nos objetivos e pressupostos pedagógicos de seu trabalho. Dessa maneira, existe uma certa imprevisibilidade na prática educacional que pode sempre vir a ser fértil, já que pode apontar para outros e melhores caminhos. Há várias rotas possíveis para se ensinar quaisquer conteúdos, existindo a possibilidade e a flexibilidade de sempre se poder pensar em novas estratégias.

O professor deve sentir de forma clara que ele tem que ser a ponte entre duas linguagens — a do cientista e a do estudante (e talvez uma terceira, a dos livros didáticos!) — e não somente a ponte entre dois campos de conhecimento — o dos conceitos científicos estabelecidos e o dos conceitos espontâneos. Mudanças de paradigmas, para ocorrerem de fato, pressupõem um verdadeiro diálogo e não somente a recepção de conceitos prontos. Dessa forma, traduzir as idéias em sentenças longas e menos

concisas, estreitas e estanques, pode vir a ser bastante produtivo. Apresentar as equações em palavras, além de em símbolos matemáticos, também é seguramente interessante. A aula é sempre um processo de comunicação/diálogo com a possibilidade do uso de diferentes signos.

Na escolha dos tópicos a serem ensinados, alguns parâmetros têm que ser levados em consideração². Deve-se sempre que possível escolher tópicos que cubram a essência da visão de mundo das ciências físicas, e não tentar esgotar todos os campos desse conhecimento. É importante também introduzir sistemática e organicamente tópicos de física moderna (sobretudo na primeira metade dos cursos e não somente no final) aproveitando o interesse natural dos alunos pelo tema e a abundância de "ganchos" existentes no mundo tecnológico em que vivemos. A tecnologia, como aplicação concreta da ciência, tem que ser um dos possíveis "palcos" onde o conhecimento científico é construído. O professor tem que procurar ver sempre o "outro lado", ou seja, o papel das ciências físicas em outras disciplinas e no cotidiano dos alunos; somente assim a problematização ocorrerá de fato e não apenas artificialmente. Fundamental é também sempre trabalhar o contexto social da ciência, as conexões da ciência com a sociedade em que vivemos, e contextualizar o conhecimento científico historicamente, estudando a evolução dos conceitos e compreendendo a ciência como processo e movimento. É importante lembrar que a história ocidental passa também pela ciência e pela sua história!

As conexões das ciências físicas com as outras ciências naturais devem ser maximizadas e aproveitadas de modo a criar uma verdadeira "cultura"

² A esse respeito, foi apresentado pelo autor deste texto, Ricardo R. P. Teixeira, o trabalho intitulado "Possíveis espaços curriculares, assuntos ou eixos temáticos de um curso de formação de professores na Área das Ciências da Natureza com especialidade no Ensino de Física", no 1º *Workshop* Nacional de Formação de Professores de Ciência e Tecnologia, realizado em Belo Horizonte, em julho de 2000.

nesse sentido: o objetivo é formar um professor com um conhecimento bem estruturado em física, nas suas aplicações e nas suas inter-relações com outros campos do conhecimento. Dessa forma, podem ser usados as pontes do conhecimento físico com as chamadas ciências da terra, do ar e da água, o campo da astronomia como espaço inato da curiosidade humana — de forma a construir uma compreensão do universo contemporânea com os avanços da cosmologia — e as interseções com a biologia — o buraco de ozônio na atmosfera, o efeito estufa, os efeitos biológicos das radiações, a física do corpo humano — para fundamentar as discussões ambientais cada vez mais prementes para a espécie humana: há a necessidade de construir uma educação realmente planetária! A educação científica efetiva passa também pela denominada alfabetização científica e matemática. Se a primeira deve permitir ao aluno a utilização do modo de pensar da ciência, inclusive como um dos fundamentos para a tomada de decisão e para o viver e o conviver na democracia, a segunda deve sobretudo desenvolver as chamadas capacidades quantitativas dos alunos: interpretar gráficos, pensar em termos probabilísticos e estatísticos, fazer estimativas, descobrir tendências, estabelecer proporções, compreender potências de dez, diferenciar crescimentos lineares e exponenciais. As relações entre a matemática e as ciências físicas devem ser trabalhadas não de forma utilitária como usualmente se dá, mas explorando os caminhos nos quais a matemática tenha como objetivo primordial **esclarecer** e não simplesmente operar através de algoritmos. As possibilidades abertas pela divulgação da ciência (tanto usando as suas virtudes, quanto valendo-se da crítica sobre os seus defeitos), em livros e na mídia em geral — jornais, revistas, televisão, internet, etc — devem sempre que possível ser aproveitadas para o trabalho em sala-

de-aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FIEDLER-FERRARA, Nelson. *O método de Edgard Morin*. Palestra ministrada no Instituto de Física da Universidade de São Paulo em 26/09/2000. Não publicado.
- HEWITT, Paul G., SUCHOCKI, John e HEWITT, Leslie A.. *Conceptual Physical Science*. Second Edition. USA: Addison Wesley Longman, 1999.
- HOBSON, Art. *Physics — concepts and connections*. Second Edition. New Jersey: Prentice Hall, 1999.
- KIRKPATRICK e WHEELER. *Physics — a world view*. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1995.
- LEODORO, Marcos Pires e MIRANDA, Hercília Tavares de. Da ordem simples ao pensamento complexo: novos desafios à educação. In: *Anais do IV Simpósio de Pesquisa da FEUSP*. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1998.
- MARX, Karl. *Para a Crítica da Economia Política*. In: *Os Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Tradução: Dulce Matos. Lisboa, Instituto Piaget, 1991.
- MORIN, Edgar. *Ciência com consciência*. Tradução: Maria Gabriela de Bragança e Maria da Graça Pinhão. Portugal: Europa-América, 1994.
- MORIN, Edgar e MOIGNE, Jean-Louis le. *A inteligência da complexidade*. São Paulo: Peirópolis, 2000.
- SANTOMÉ, Jurjo Torres. *Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado*. Tradução: Cláudia Schilling. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.
- ZIMAN, John M. *Of one mind: the collectivization of science*. USA: American Institute of Physics, 1995.

Para contato com o autor:
rteixeira@if.usp.br