
O CINZA, O BRANCO E O PRETO – DA RELEVÂNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DA FÍSICA

M. R. Robilotta
Instituto de Física – USP
São Paulo – SP

Resumo

A Física é uma disciplina extremamente complexa, tanto no que diz respeito à forma do produto final como ao processo que leva a ele. Neste trabalho, eu tento argumentar que muitas das dificuldades de se ensinar física estão associadas a uma administração ingênua dessa complexidade, através da qual as nuances do problema são reduzidas a algo cinzento e triste. A história da ciência é identificada como um dos elementos importantes na recuperação da riqueza conceitual do processo de ensino.

I. O problema

Muitas vezes, os estudantes estudam, aprendem, mas parecem não saber Física. Essa sensação aparece com frequência durante as nossas atividades relacionadas ao ensino de Física. É comum que mesmo alunos inteligentes e dedicados terminem os cursos com a impressão de que as longas horas de trabalho e todo o esforço empregado no estudo não são recompensados com alguma forma sólida de conhecimento. Parece que os cursos não fornecem aos estudantes a capacidade de andarem com as próprias pernas, de terem independência. Eles podem aprender a enfrentar os problemas e as situações que foram abordadas durante as aulas, mas ficam completamente sem iniciativa quando colocados frente a problemas novos. O conhecimento discutido no quadro negro não se ajusta ao mundo em que o estudante vive, ele não se enquadra na vida real. O ensino não parece levar os estudantes a serem proprietários do conhecimento. É como se, depois de muito estudo, esses alunos fossem não mais do que portadores de um saber cujos donos seriam os professores, os livros ou a escola.

Um aspecto triste deste estado de coisas é que a grande criatividade que os estudantes mostram em outras atividades parece não ser possível no domínio da Física. Isso manifesta-se, por exemplo, como a incapacidade que muitos alunos têm, depois de serem submetidos ao/domados pelo processo educacional, de formularem questões básicas. Por que o céu é azul? Por que o movimento inercial é retilíneo? Por que existe antimatéria? Por que vale o princípio de superposição para ondas? Infelizmente, não são somente os alunos que perdem a capacidade de perguntar: o caso dos professores é bastante análogo.

O ensino, tanto da Física como de outras áreas do conhecimento, acontece no cenário cinzento da passividade, da falta de interesse e da apatia. Os estudantes parecem estudar apenas para passar de ano, enquanto que os professores parecem ensinar apenas para conseguir os seus, em geral, magros salários. É claro que este quadro não corresponde às expectativas internas tanto de professores como de alunos. É o caso, então, de perguntarmo-nos: por que alguém pode ter interesse em estudar Física? As respostas tradicionais a essa questão são baseadas na dualidade poder/prazer. Alguém pode querer estudar Física para adquirir poder sobre a natureza, ou seja, fazer com que ela o obedeça. Em algumas situações, tal desejo pode ser oriundo de uma necessidade patológica de auto-afirmação. No caso mais comum, entretanto, tal atitude é inspirada por necessidades práticas, de ordem econômica e social, relacionadas ao desenvolvimento e pesquisa em tecnologia. Essa tradição é bastante antiga, passando pelas práticas da magia natural e alquimia. A outra motivação tradicional para se estudar Física teve origem na Grécia antiga, e está associada à idéia de que o conhecimento, ao propiciar a contemplação da natureza, é fonte de prazer.

Aqui e agora, o conhecimento é, em geral, buscado tanto por sua utilidade como por ser fonte de prazer. Parece-me, entretanto, que nossa prática em escolas e universidades não leva a nenhuma dessas direções. As causas dessa situação são complexas, passam pela organização das estruturas políticas da nossa sociedade e pela desnacionalização da economia, não havendo a possibilidade de alunos e professores isoladamente alterarem de modo fundamental este quadro. Isso não significa, entretanto, que não haja algo que nós possamos fazer. É sobre esse outro lado da questão que eu gostaria de levantar algumas idéias, não como coisas prontas, mas sim como elementos para uma discussão.

Muitas vezes eu tenho a impressão de que nós, professores, estamos pouco conscientes da natureza dos processos em que estamos envolvidos como agentes no sistema educacional. Ao dizer isto, estou pensando menos nos chamados aspectos didáticos, pedagógicos ou técnicos do ensino, e mais do nosso razoável desconhecimento tanto das características intrínsecas do conhecimento físico como

dos processos pelos quais ele é gerado. E acredito ser esse tipo de desconhecimento o que determina muitas das dificuldades associadas à transmissão e apropriação do conhecimento da Física. Em outras palavras, mesmo dominando com fluência alguns elementos do conteúdo técnico da Física, em geral compreendemos pouco de onde ele veio e o que é a Física enquanto disciplina. Daí decorre o ensino cinzento e triste.

II. A complexidade da Física enquanto produto

O conhecimento englobado pela Física forma um corpo articulado de modo complexo, e parte da dificuldade de se ensinar essa disciplina advém do fato de não reconhecermos ou considerarmos essa complexidade em toda a sua extensão. Ao tratarmos de modo simplificado um corpo de conhecimento que é muito complicado e repleto de sutilezas, podemos acabar por fazer com que ele se torne ininteligível aos estudantes.

Tomemos, por exemplo, um pedaço de uma teoria física, tal como a eletrostática ensinada nos primeiros anos dos cursos universitários. Essa teoria é um conjunto de relações entre conceitos envolvendo, entre outros, cargas elétricas, forças, campos e energias. Esse conjunto de relações pode ser representado por meio de um mapa conceitual, tal como o elaborado por Sônia Salém⁽¹⁾, e mostrado na Fig. 1. Nesse mapa, Q representa a carga elétrica, enquanto que $\vec{F}$, $\vec{E}$, U e V correspondem, respectivamente, às suas manifestações na forma de força, campo elétrico, energia potencial e potencial eletrostático. Os demais elementos representam os diversos atributos dessas grandezas. Apenas para exemplificar rapidamente o tipo de conhecimento contido nesse mapa, consideremos parte mostrada na Fig. 2, na qual a linha QE direta representa a idéia de que a carga elétrica é a fonte do campo elétrico. A outra seqüência de relações entre Q e E indica, segundo Salém⁽²⁾, que:

*Uma propriedade básica da carga elétrica é a de que ela é uma grandeza **escalar**. Supondo que o espaço vazio seja isotrópico, o campo vetorial criado por uma carga puntiforme estacionária deve ser esfericamente **simétrico** e, portanto, radial, uma vez que nenhuma reta que passa pela carga pode ser privilegiada, sendo as retas deste tipo totalmente equivalentes. Deste modo, o vetor campo elétrico criado por uma carga elétrica puntiforme estacionária tem necessariamente a direção radial.*

As outras linhas do mapa são de natureza análoga, representando seqüências de encadeamentos conceituais. Elas não serão discutidas aqui porque a

simples descrição do seu conteúdo tomaria muitas páginas. O nosso propósito é apenas o de mostrar que é possível representarmos a eletrostática por meio de um mapa contendo as várias relações entre os conceitos de teoria. Uma das características desse mapa é que é possível nos deslocarmos sobre as suas linhas por meio de operações matemáticas. Por exemplo, a ligação $\vec{E} \rightarrow V$ é determinada por uma integral de linha, enquanto que a ligação oposta, $V \rightarrow \vec{E}$, é dada pela ação de um gradiente. As várias linhas do mapa conceitual podem ser percorridas de modo análogo. Como o acesso a um dado conceito do mapa pode ser feito de diversos modos, o mapa representa um todo coerente do ponto de vista lógico-matemático. Em outras palavras, existe uma autoconsistência associada ao fato de o mapa ser formado pelo entrelaçamento de vários caminhos fechados, sem começo e nem fim claramente definidos. Esse mapa representa, portanto, o que poderíamos chamar de **interior** da teoria, que é o domínio da lógica e da razão. Neste caso, o exterior da teoria conteria as suas relações com a realidade, que serão mencionadas adiante.

Em geral, a maior parte do esforço despendido no ensino da física em nível básico tem por objetivo fazer com que os estudantes passem a dominar os vários aspectos das relações lógico-matemáticas de uma teoria. Assim, por exemplo, nos cursos de eletrostática é importante ensinarmos aos alunos como se calcula V a partir de $\vec{E}$, por meio de integrais de linha. Esse é um processo artesanal, em que são necessários muitos exercícios para que o aluno possa sentir e vivenciar as várias nuances de um problema. É esse, também, o tipo de conhecimento que costuma ser cobrado nas provas.

Um mapa conceitual tem, ainda, um outro tipo de conteúdo, associado à sua totalidade. Para tornar mais claro o significado desta afirmação, tomemos a representação do cãozinho, mostrado na Fig. 3. Essa figura é composta por diversos elementos, dispostos de modo a transmitir a idéia do cãozinho, o que deixa claro que ele é constituído por esses elementos e depende de cada um deles. Por outro lado, cada uma das partes da figura está subordinada ao cão como um todo. O elemento indicado por uma seta, por exemplo, representa uma orelha. O que nos permite afirmar isto é o contexto no qual o elemento está inserido, que é o que lhe empresta o significado de orelha. É a totalidade do cão que determina o significado de cada uma das partes. A orelha é parte do cão e o cão explica a orelha.

No caso da teoria eletrostática, esse tipo de relação dinâmica entre o todo e a parte também está presente. Se, por um lado, o conceito de campo elétrico é essencial à teoria, por outro lado o seu significado é determinado pelo seu contexto, pela sua posição na estrutura conceitual. Tanto no caso do cãozinho como no do mapa conceitual, existe um jogo onde o todo dá significado às partes que, por sua vez, constituem o todo. No caso da Física, esse jogo acontece porque o conheci-

mento está organizado em estruturas teóricas que, como quaisquer estruturas, tendem a ser autocontidas e a se auto-explicar. Esse aspecto do conhecimento faz com que sua transmissão aconteça por meio de processos complexos: para se saber eletrostática é preciso conhecer bem o campo elétrico, o que só é possível ao se saber eletrostática. É difícil imaginar que estratégias de ensino possam vir a ser bem sucedidas, sem que esse tipo de problema seja encarado de frente.

Uma outra faceta do conhecimento físico que costuma ser ignorada no ensino é aquela associada à possibilidade de uma teoria comportar diferentes leituras. Tomemos, novamente, o exemplo da eletrostática, representada pelo mapa da Fig. 1. Nesse mapa, a carga elétrica aparece ligada a quatro manifestações diferentes, F , E , V e U , que são equivalentes entre si do ponto de vista matemático, já que cada uma delas pode ser traduzida nas outras por meio de operações formais¹. No que diz respeito aos seus conteúdos físicos, entretanto, essas manifestações correspondem a maneiras bastante diferentes de ver o mundo. Assim, por exemplo, se acreditarmos que a manifestação fundamental das cargas elétricas é a sua capacidade de interação à distância, por meio de uma força, o campo elétrico em um ponto poderá ser entendido apenas como a força por unidade de carga que age em uma partícula colocada naquele ponto, sem maiores significados. Por outro lado, se a manifestação primeira da carga elétrica é considerada como sendo o campo elétrico, é possível atribuir-lhe um certo grau de realidade física⁽⁴⁾. Neste caso, podemos pensar que uma carga elétrica, mesmo estando isolada, é capaz de dotar o espaço de uma propriedade latente, o campo elétrico, que seria então uma espécie de aura a envolver eternamente essa carga. Alternativamente, podemos tomar a energia potencial como sendo a manifestação primordial da interação eletrostática e, a partir dela, desenvolver todos os outros conceitos.

Deste modo, um único mapa conceitual pode comportar várias interpretações diferentes, que dependem dos gostos e preconceitos de cada um. É como se a teoria, reificada por meio do mapa, pudesse ser contemplada de vários ângulos ou pontos de vista diferentes. Essa possibilidade indica a existência de um espaço para opções individuais, baseadas em opiniões pessoais, no relacionamento com o conhecimento físico. Na prática, esse tipo de opção é regulado pelo bom senso dos físicos. Por isso, um outro desafio aos professores de Física é o de como passar aos estudantes essa noção do bom senso, de modo que eles mesmos sejam capazes de efetuar os seus julgamentos, sem terem que depender totalmente das opiniões de outras pessoas. Seria importante trazer a discussão de como incentivar esse tipo de intervenção pessoal, juntamente com a demarcação dos limites em que ela é razoável, para o interior do ensino da Física.

¹ Esta afirmação somente é totalmente verdadeira no contexto da eletrostática.

Nesta discussão, até o momento, abordamos problemas cuja origem pode ser localizada nas estruturas conceituais das teorias. Como vimos no caso da eletrostática, essas estruturas podem ser representadas por mapas conceituais, tal como o da Fig. 1, que propiciam de uma só vez a reificação e a espacialização do conhecimento. Por isso, uma estrutura conceitual é passível de ser apreendida racionalmente de modo global: o mapa conceitual pode ser visto por inteiro de uma só vez. Ao reificarmos a teoria, ao a transformarmos em coisa, estamos também nos distanciando dela.

Existem, ainda, outros modos de se conhecer o mundo físico; em particular, é possível um relacionamento do tipo sentimento. Um tal modo de conhecer é caracteristicamente não-formal, pode ser não-verbal, e acontece em um mundo de coisas às quais se atribui um certo grau de realidade. O acesso a esse mundo é feito por meio de sensações, palavras, imagens e intuição, e a mente busca a intimidade do objeto a ser conhecido. Nesse tipo de conhecimento não existe a clareza fria da razão. Entretanto, como afirma Schenberg⁽⁵⁾, *“há coisas que pela sua própria natureza não podem ser vistas com muita clareza. São coisas crepusculares, e se quiser vê-las com clareza, elas somem. E têm que ser vistas mesmos assim.”* O conhecimento está associado ao enriquecimento do conteúdo da realidade dos símbolos empregados no tratamento formal dos problemas teóricos. No caso da relação

$$\frac{\rho}{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^3} \rho,$$

o conhecimento do tipo sentimento poderia ser facilitado se associássemos essa expressão formal à idéia de uma aura a envolver a carga⁽³⁾. Assim, para se ensinar Física, é preciso também saber administrar a costura dos símbolos formais na realidade.

III. A complexidade da Física enquanto processo

Na seção anterior, mencionamos algumas das características do conhecimento físico que mereciam ser explicitamente consideradas ao se tentar transmiti-lo. Essas características são determinadas pelas teorias como estruturas acabadas, passíveis de serem representadas por meio de mapas conceituais. Essa discussão precisa ser complementada pela referência a um outro lado do problema, já que o conhecimento físico é também fortemente marcado pelo modo como ele foi produzido.

Tanto os livros-texto como as nossas aulas estão impregnados de concepções tácitas acerca do processo de produção do conhecimento físico. Por isso, a idéia que muitos professores têm de que é possível ensinar Física sem se fazer

referência a esse processo pode ser classificada como ingênua. Só para dar um exemplo, é ingenuidade tentar justificar um conhecimento por meio de afirmações do tipo: “a experiência mostra que certa lei é válida”. Ao fazermos isso, estamos implicitamente apresentando o conhecimento físico como se ele fosse totalmente objetivo. A pretensão a essa objetividade absoluta está na origem de um dos mitos mais persistentes acerca da Física. Segundo ele, a Física seria um corpo de conhecimentos independente de opiniões pessoais ou preconceitos, neutro, apolítico, que descreve o mundo natural como ele realmente é. Todos esses preconceitos têm, em geral, como justificativa o fato de o conhecimento físico ser baseado em experimentos, tomados como observações **diretas** da natureza. O trabalho de filósofos e cientistas do século XX acabou por mostrar, entretanto, que tal visão é impossível de ser sustentada, por mais “natural” que ela possa parecer. Um resumo esquemático de tal argumentação é apresentado a seguir.

Os conhecimentos da Física englobam fenômenos e teorias, sendo estas últimas baseadas em conceitos e leis, e estruturadas por meio da matemática. As leis fazem o papel de “postulados” da estrutura matemática da teoria, “postulados” esses que são formulados levando-se em conta a experimentação. As leis físicas fogem, portanto, ao domínio da lógica pura, uma vez que não são justificáveis somente em termos matemáticos. Por isso, as teorias também contêm elementos não-lógicos, já que elas são baseadas nas leis.

A pretensão do conhecimento físico à objetividade e à segurança repousa sobre as leis físicas. Quando se afirma que a Física é segura, impessoal e objetiva, está-se transferindo de modo tácito esses mesmos atributos às leis. O problema é sabermos em que medida as leis são merecedoras desse tipo de confiança. A tentativa mais persistente de defesa da objetividade das leis físicas aconteceu dentro da tradição indutivista.

Os indutivistas acreditam que as leis físicas são objetivas porque se apóiam sobre fatos experimentais, observados cuidadosamente e sem preconceitos. Neste modo de se ver as coisas, a observação de um grande número de fatos permitiria a percepção objetiva de regularidades, que seriam expressas por meio de leis gerais. A validade de cada lei transcenderia o conjunto particular de fatos que lhe deu origem. Existe, assim, o salto de um número finito de casos singulares para uma situação universal: esse é o processo da indução, que os indutivistas consideram legítimo do ponto de vista lógico. As leis, em seguida, seriam enfeixadas em teorias, cujas conseqüências poderiam ser comparadas a outros resultados experimentais. A Física, na abordagem indutivista, é concebida como um processo de construção contínua, iniciado pela formulação das leis, nas quais o conhecimento científico parece crescer no vazio. A ciência corresponderia a um processo cujo número de leis aumentaria sempre, e as teorias seriam cada vez mais gerais.

A concepção indutivista da ciência tem três problemas principais, relacionados respectivamente à justificativa lógica da indução, à objetividade da ob-

servação e à comparação com a história. Antes de tornar explícitas essas críticas, convém esclarecer que elas não têm como objetivo negar o valor do conhecimento extraído da experiência, nem tampouco que o processo de indução seja útil à Física. Na verdade, a abstração de propriedades gerais a partir de experiências particulares é um processo **mental** da maior importância, estando na própria raiz do pensamento⁽⁶⁾. O que as críticas conseguem mostrar é apenas que é impossível garantirmos que os conhecimentos obtidos por meio da indução sejam verdadeiros.

O filósofo Karl Popper foi o maior crítico, no séc. XX, dos aspectos lógicos do indutivismo. Ele é devastador, quando, por exemplo, afirma que⁽⁷⁾:

... está longe de ser óbvio, do ponto de vista lógico, que estejamos justificados ao inferirmos afirmações universais a partir de afirmações singulares, não importa quão numerosas; pois qualquer conclusão extraída deste modo pode sempre se tornar falsa: não importa quantos casos de cisnes brancos nós possamos ter observado, isto não justifica a conclusão que todos os cisnes são brancos.

No que diz respeito à objetividade da observação, muitos exemplos extraídos tanto da história da ciência como da psicologia experimental mostram que os processos de percepção e observação dependem fortemente da cultura em que se dão e da socialização dos indivíduos. No caso da Física, as observações experimentais dependem de teorias, tanto daquelas embutidas na construção dos aparelhos empregados em um experimento como das utilizadas na interpretação dos dados obtidos.

Do ponto de vista histórico, a crítica ao indutivismo é motivada pelo fato de este esquema conceitual não ser capaz de acomodar certos desenvolvimentos ocorridos no interior da Física. O grande exemplo a ser citado neste caso é o da teoria da Relatividade Restrita, cujos postulados foram apresentados por Einstein sem quaisquer bases experimentais.

A falência da visão indutivista da ciência coloca um enorme problema para aqueles interessados em ensinar Física, qual seja, o de como justificar para os estudantes a origem de um determinado conteúdo que lhes é ensinado. Como vimos, a prática tradicional de se justificar o que se ensina por meio de referências a resultados experimentais não está isenta de problemas. O uso de frases do tipo: “sabemos, pela experiência, que tal coisa acontece de tal modo...”, incorpora sutilmente o princípio da indução. Como afirma Popper⁽⁸⁾:

O problema da indução pode também ser formulado como a questão da validade ou da verdade de afirmações universais

baseadas na experiência, tais como as hipóteses e sistemas teóricos das ciências empíricas. Pois muita gente acredita que a verdade dessas afirmações universais é conhecida pela experiência; ainda assim, é claro que a narração de uma experiência – de uma observação ou o resultado de um experimento – pode, em primeiro lugar, ser somente uma afirmação singular, e não universal. Assim, pessoas que dizem de uma afirmação universal que conhecemos sua verdade por experiência, comumente querem dizer que a verdade da afirmação universal pode, de algum modo, ser reduzida à verdade das singulares, e que estas singulares são conhecidas pela experiência como verdadeiras; o que equivale a dizer que a afirmação universal é baseada em inferência indutiva.

Este tipo de crítica apresentada por Popper foi complementado por uma proposta do processo científico, conhecido como falseacionismo, em que a ciência passa a ser vista como um produto sempre inacabado, a ser completado. Esse trabalho abriu caminho para as modernas visões do processo científico, que incluem necessariamente as contribuições de Kuhn, Lakatos, Bachelard e muitos outros filósofos⁽⁹⁾.

Em uma abordagem não autoritária do ensino, o apelo à experiência não é suficiente para se justificar a validade do que se ensina. A grande dificuldade, nesse caso, é que o conhecimento físico é estruturado de modo autoconsistente, o que faz com que ele somente seja inteligível em seus próprios termos. Por isso, conduzir um estudante que está fora da estrutura para dentro dela é um processo altamente complexo, que demanda do professor uma razoável compreensão de como a ciência se desenvolve e evolui.

IV. O cinza

Nas duas seções anteriores, tentei argumentar que a Física é um processo muito complexo, cujo produto é um tipo de conhecimento também muito complexo. Estou convencido de que uma parte importante das dificuldades que enfrentamos para ensinar Física advém do fato de não termos consciência plena de estarmos envolvidos com um processo de construção do conhecimento. Muitas vezes, esse problema assume a forma de uma confusão entre o conhecimento construído e o conhecimento natural, se é que tal coisa existe. E, ao tratarmos uma construção como sendo algo natural, estamos introduzindo um elemento de violência na relação professor-aluno.

Por exemplo, é muito comum começarmos um curso de mecânica clássica discutindo as leis da dinâmica de Newton. Ao fazermos isso, em geral supo-

mos conhecido todo o cenário no qual a mecânica se desenvolve, que tudo o que veio antes dela pode ser classificado como “natural”. Ou seja, começamos a ensinar a mecânica como se fosse óbvio que o espaço é contínuo, homogêneo e isotrópico, que o tempo é contínuo, uniforme e absoluto, que as massas e outros tipos de matéria são colocados sobre o espaço, e não interferem sobre suas propriedades. Além disso, parecemos achar que deve ser claro para qualquer estudante medianamente inteligente que a inércia de um corpo faz com que seus movimentos naturais sejam retilíneos e uniformes, que o que precisa ser explicado por meio de forças são as **variações** de movimento, e que um corpo possa ter velocidade mesmo sem estar sob a ação de forças.

Na nossa ingenuidade, supomos que todas essas idéias sejam naturais, fáceis de serem percebidas, lógicas; pelo menos, ensinamos como se fosse esse o caso. Quando algum aluno reclama, dizendo que ao empurrar uma caixa sobre o chão é preciso fazer uma força para manter a velocidade constante, dizemos que existe o atrito... Massacramos com nossas certezas o seu senso crítico, e muitas vezes tratamos as suas dúvidas como se fossem ilegítimas, filhas de uma lógica deformada. Em situações desse tipo, parece-me que a certeza do professor somente pode ser atribuída à ignorância ou à ingenuidade. Ingenuidade por supor que o conhecimento seja organizado de modo simples, ignorância por não reconhecer que os conceitos da mecânica clássica são frutos de desenvolvimentos ocorridos de maneira tortuosa por cerca de dois mil anos, durante os quais muita gente inteligente contribuiu, discutiu e argumentou – e se enganou: Aristóteles, Copérnico, Galileu, Newton...

Newton, para saber se a vida interferia com a ação da gravidade, estudou as oscilações de pêndulos encheidos com cereais⁽¹⁰⁾. Ao ensinarmos, somos ingênuos a ponto de pensarmos que os estudantes têm obrigação não só de saber que a Física concebe a matéria como sendo destituída de vida, como também de compreender as profundas implicações deste fato.

Uma outra faceta da mistura entre ignorância e ingenuidade, mencionada acima, manifesta-se com o uso de definições, que são tentativas de explicar um conceito em termos de outras palavras ou conceitos. Encontramos, principalmente nos textos destinados ao ensino médio, tentativas de se definir massas, força e outros conceitos. Tudo como se definições de conceitos primitivos fossem possíveis, como se alguém pudesse ver algum significado nas palavras amontoadas em uma definição, como se ela não fosse marcada pelo conhecimento prévio do objeto a ser definido.

Cinzentos: que tem cor cinza... sem relevo, apagado...⁽¹¹⁾

V. O preto e o branco

Certamente, ensinar Física é uma arte difícil. No caso do Brasil, parte do problema deriva das condições materiais e culturais nas quais tal ensino ocorre. Existem, por outro lado, dificuldades devido à própria natureza do conhecimento físico. Como vimos anteriormente, a Física é baseada em estruturas e, por isso, o conhecimento tende a ser autocontido. Essa é uma fonte de dificuldades para o ensino, já que as explicações que a Física propicia somente fazem sentido completo quando olhadas de dentro da teoria, quando já se sabe Física. Cada parte constitui o todo e o todo explica a parte.

O caráter estruturado das teorias físicas propõe ainda um outro problema fascinante, que advém do fato de o conhecimento ter caráter extenso, poder ser representado por mapas, estar distribuído no espaço, ser sincrônico. Já o ensino é essencialmente diacrônico, por ser baseado em atividades seqüenciadas, distribuídas ao longo do tempo: um curso é uma seqüência de aulas, um livro é uma seqüência de páginas. Por isso, no ensino deparamo-nos com a profunda contradição entre o espaço e o tempo; a administração desse problema poderia ser incorporada à pedagogia.

Uma outra fonte de problemas para o ensino tem como ponto central o formalismo matemático, que dá a sustentação lógica a uma teoria física. De um lado, é preciso encher esse formalismo de significado, de realidade, com todas as dificuldades práticas e filosóficas que isso acarreta⁽⁴⁾. Por outro lado, é comum que, fascinados pela lógica, façamos um esforço para linearizar a forma e o conteúdo da Física, suprimindo as contradições que marcaram o seu desenvolvimento. Surge, então, uma ciência falsamente ascética, sem disputas, sem descontinuidades. Ao se basear na supressão dos sentimentos, ela parece apoiar a repressão destes. Essa Física excessivamente lógica, cristalina e límpida é precisamente falsa: ao identificarmos o processo ao produto, estamos afastando dela os estudantes. A apologia da lógica torna a ciência sobre-humana aos olhos dos estudantes, superior às possibilidades dos mortais.

Existem tarefas urgentes que precisam ser enfrentadas para que o ensino da Física possa ser melhorado. Entre elas, e ao nosso alcance, está a necessidade de se recuperar a noção de que a Física é um processo onde o confronto de idéias está sempre presente. É nesse sentido que o estudo da história da Física e da sua epistemologia são mais do que prementes; no estudo combinado dessas duas disciplinas repousa a possibilidade de se compreender o processo de construção do conhecimento.

No ensino da Física, um papel possível para a história seria o de constituí-la como uma fonte de visões alternativas do universo, passíveis de serem contrastadas com a versão oficial, ensinada nas escolas. O reconhecimento da existência de soluções alternativas a um dado problema promove o desenvolvimento de

uma postura crítica, porque leva a pessoa a optar. Para optar, é preciso haver critérios. A não unicidade de critérios leva cada um a se posicionar, forçando uma postura menos passiva frente ao conhecimento. Para dar apenas um exemplo de como esse processo funciona, tomemos uma citação de Anaximandro⁽¹²⁾: “*a Terra não é apenas um organismo constituído de organismos, mas um organismo que procria os organismos que procriam nele*”.

Talvez os alunos aprendessem mais Física contrastando essa afirmação com o universo físico oficial, cartesiano e mecânico, do que em um mês de aulas formais. O confronto transforma cinza em branco e preto, que daí em diante dançam ao som da sua própria dialética. E esse tipo de tensão proporciona prazer...

A história pode também facultar a introdução do **NÃO** no ensino da Física. O contraste promove a consciência, e o que **É** é melhor compreendido ao ser comparado com o que **NÃO É**. Só se pode entender o papel das interações eletromagnéticas no universo, caso se pense como ele seria se tais interações não existissem. O conteúdo negativo tem um papel positivo no ensino.

A história ensina a “relativizar”, demole mitos, exhibe a construção do conhecimento, insere os indivíduos em um processo, em uma tradição. Além disso, ela pode trazer de volta o fazer da ciência para a esfera das atividades humanas. No ensino, entretanto, é preciso tomar cuidado com a história linearizada, ufanista. De nada adianta apresentar a ciência como um produto a ser venerado, admirado à distância, de modo a fazer com que os estudantes adquiram um sentimento de inferioridade. Quando se promove desse modo o triunfo da ciência, a nossa humanidade sai perdendo.

VI. Notas e Referência Bibliográficas

1. SALÉM, S. **Estruturas conceituais no ensino de física**. 1980. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, USP, São Paulo.
2. SALÉM, S. Op. Cit., p. 78.
3. ALVES, R. **Filosofia de ciência**. São Paulo: Brasiliense, p. 154, 1986.
4. ROBILOTTA, M. R. **Construção e realidade no ensino de Física**. São Paulo: IFUSP, 1985.
5. GINZBURG, G. K.; GOLDFARB, J. L. **Mário Schenberg: entre-vistas**. São Paulo: Perspectiva, p. 161, 1984.

6. Por exemplo, veja o conto:
BORGES, J. L. Funes, o memorioso. In: BORGES, J. L. **Ficções**. São Paulo: Abril, p. 124, 1972.
7. POPPER, K. R. **The logic of scientific discovery**. Londres: Hutchinson, p. 27, 1974.
8. POPPER, K. R. Op. cit., p. 28.
9. Uma introdução a essa discussão pode ser encontrada em:
KNELLER, G. F. **A ciência como atividade humana**. São Paulo: Zahar, EDUSP, 1980.
10. EASLEA, B. **Witch-hunting, magic and the new philosophy**. Londres: Harvester Press and Humanities Press, 1980.
11. FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2. ed., Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
12. Citado por:
SOUZA CRUZ, F. F. O conceito de força no pensamento grego. **Caderno Catari-nense de Ensino de Física**, v. 2, n. 1, p. 16-24, 1985.

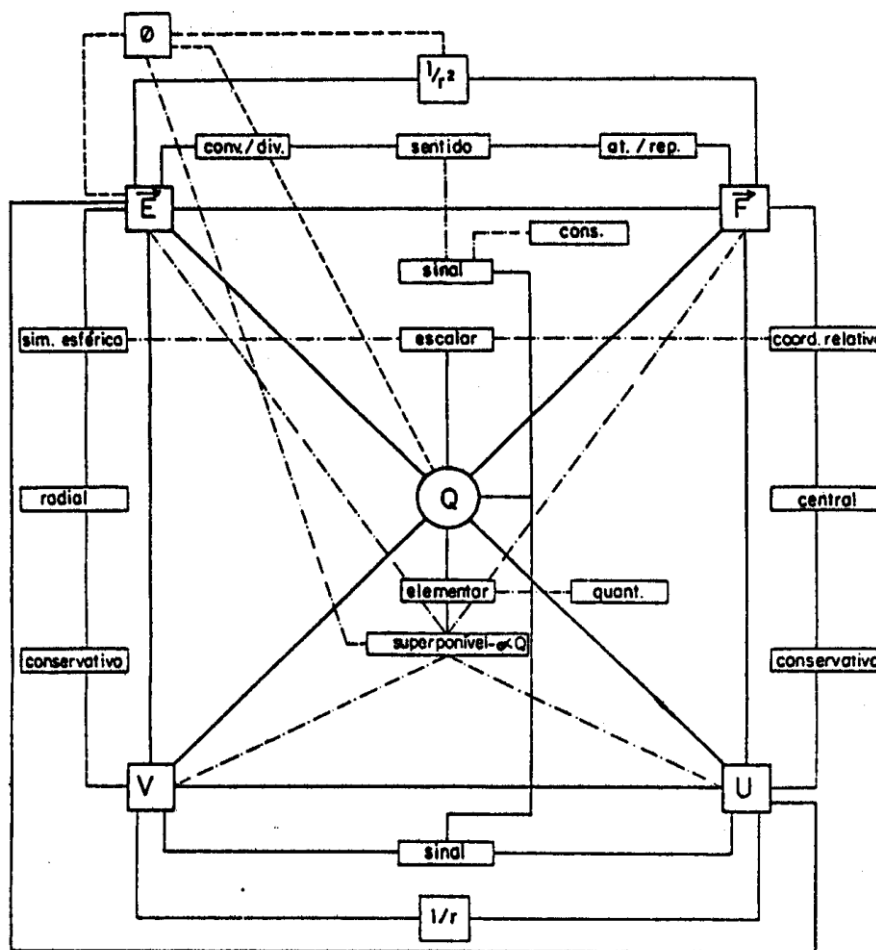


Fig. 1 – Mapa conceitual de Eletrostática.

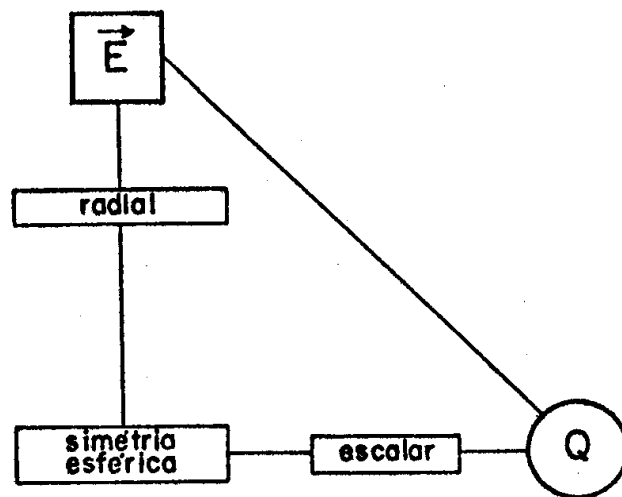


Fig. 2



Fig. 3 – O jogo entre o todo e as partes.