

O CURRÍCULO DE LICENCIATURA EM FÍSICA III - UM EXEMPLO CONCRETO

ALBERTO VILLANI*

Instituto de Física - USP

Caixa Postal 20516, 01498 São Paulo, SP

INTRODUÇÃO

Após termos discutido as diretrizes principais (Villani, 1988) e delineado objetivos gerais, estrutura, conteúdos e atividades fundamentais (Villani, 1989) para a elaboração do currículo de Licenciatura em Física, nesta terceira parte enfrentaremos a difícil tarefa de especificar as disciplinas e a respectiva carga didática, que consideramos mais adequadas para compor tal currículo na Universidade em que atuamos.

Estamos conscientes de que se trata mais de um exercício intelectual do que de uma proposta a ser efetivada, por duas razões. A primeira é que uma proposta efetiva deve representar a aspiração de uma comunidade que dessa maneira, estará comprometida a desenvolvê-la (Krasijchik, 1986). A segunda razão é que uma proposta efetiva deve passar pelo crivo de uma mediação política na qual os interesses de pessoas e de grupos diferentes, professores e estudantes, são compostos em uma solução que deixa o mínimo de susceptibilidades feridas.

O exemplo que descrevemos não satisfaz a estes requisitos, pois sua construção obedeceu fundamentalmente a critérios acadêmicos, sendo fruto de uma reelaboração de resultados de pesquisas em várias áreas, sem nenhuma preocupação visando sua inserção imediata na prática cotidiana da Instituição.

Entretanto, mesmo tratando-se de "exemplo mental" ele tem um papel...exemplar, podendo servir para gerar idéias concretas e tornar menos árdua e menos melindrosa a tarefa de elaborar uma proposta efetiva de currículo.

*Com auxílio parcial do CNPq.

1. A ESTRUTURA DO CURRÍCULO

No processo de elaboração do currículo demos um peso substancial a sua divisão em duas fases: um Ciclo Básico, bienal, no qual o aluno visa sua formação enquanto físico e um Ciclo Profissionalizante de especialização, em que a ênfase está na formação do professor de física. Como consequência vimos que o Ciclo Básico da Licenciatura não seria muito diferente do Ciclo Básico do Bacharelado e justificamos esta semelhança salientando que o aluno teria um tempo a mais para escolher com maior amadurecimento sua profissão futura.

Outra propriedade fundamental deverá caracterizar o Ciclo Básico: ele deverá ser auto consistente, proporcionando ao estudante uma primeira visão sintética do que é a Física. De um lado o estudante deverá contruir uma primeira articulação entre as várias áreas da Física e do outro lado deverá conhecer sua problemática, suas dificuldades e seu desenvolvimento.

Tal síntese deverá abranger as várias áreas da Física Clássica (Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo) e envolver os problemas em aberto e as dificuldades conceituais que ela enfrenta.

As razões para localizar ao nível da Física Clássica o conhecimento dos futuros docentes são múltiplas e mutuamente reforçantes.

Em primeiro lugar, a Física Moderna não somente é mais abstrata e mais formal mas também seu formalismo adquire significado em contraposição ou como resposta às dificuldades da Física Clássica.

Em segundo lugar, a Física Moderna constitui uma quebra radical com alguns conceitos básicos intuitivos: a idéia de espaço e tempo e a idéia de determinação causal. Isso a torna de difícil entendimento direto, e, conseqüentemente, de difícil síntese estável, pelo menos para estudantes que não estão acostumados à pesquisa.

Em terceiro lugar, o desenvolvimento da Física Clássica parece ser o coroamento de um pensamento racional científico que tem muitos paralelos com o pensamento racional das crianças e dos adolescentes (Piaget 1982). É verdade que existem mudanças radicais para se chegar à síntese clássica, entretanto tais mudanças são de alguma maneira

"naturais" e conseqüentemente ao alcance direto de uma inteligência em desenvolvimento.

Finalmente, em quarto lugar, a Física Clássica constitui um modelo aproximado para a maioria dos fenômenos físicos que nos circundam e constituirá o conteúdo privilegiado do ensino de segundo grau: nada mais útil do que promover, desde o começo, uma síntese básica deste conhecimento por parte do futuro professor.

Em contraposição a este conhecimento sintético do conteúdo da Física do Ciclo Básico, teremos um conhecimento exemplar caracterizando a meta do Ciclo Profissionalizante.

O conhecimento exemplar resulta do aprofundamento de tópicos que, além dos conteúdos específicos, fornecerão também indicações e instrumentos para aprofundamentos análogos em cursos de especialização.

O Ciclo de Profissionalização, mais do que uma síntese final completa, deverá proporcionar ao futuro professor uma abertura e uma capacidade de aprender, a serem implementadas e desenvolvidas em atualizações posteriores em serviço.

Conseqüentemente as disciplinas do Ciclo Profissionalizante deverão visar exatamente a especialização em determinados conteúdos: a análise histórica não poderá mais ser geral e abrangente, mas deverá envolver o desenvolvimento conceitual e experimental de uma determinada teoria fundamental; a análise teórica mais refinada não poderá referir-se a toda a Física (nem mesmo a toda a Física Clássica), mas deverá focalizar alguns tópicos importantes; o estudo da problemática educacional não poderá ser geral, mas deverá abordar temas significativos, diretamente ligados ao ensino e aprendizagem de Física e as pesquisas nesta área.

A diferenciação entre o Ciclo Básico e Profissionalizante não se limita a um conteúdo diferente de física ou a um enfoque diferente do mesmo, mas envolve, como já foi acenado, a introdução sistemática do conteúdo educacional significativo à formação do professor de física.

Como conseqüência modifica-se também o aspecto institucional da formação. Durante o Ciclo Básico tem-se a primazia do Instituto de Física, que divide somente em parte sua responsabilidade com outros institutos de Ciências Exatas (Química e Matemática). Estes últimos oferecem somente suas contribuições disciplinares sem interferir

fundamentalmente nos objetivos globais do Ciclo Básico. Ao contrário durante o Ciclo de Especialização a responsabilidade é dividida com a Faculdade de Educação pois é esta última que controla a formação educacional do futuro professor.

2. AS DISCIPLINAS DO CICLO BÁSICO

A finalidade do Ciclo Básico é proporcionar ao estudante a oportunidade de construir uma visão geral e sintética da Física Clássica. Tal construção envolve, de um lado a aprendizagem do instrumental matemático necessário ao entendimento e ao tratamento das leis e princípios físicos junto com a resolução de problemas exemplares, de outro lado a articulação dos aspectos conceituais, históricos, fenomenológicos e experimentais.

A tabela I apresenta o elenco das disciplinas necessárias para completar os créditos obrigatórios do Ciclo Básico; nela cada unidade de crédito corresponde a uma hora-aula semanal.

Núm. Créditos	Disciplinas	Instituição
(24)	Cálculo I, II, III, IV	Matemática
(8)	Álgebra e Geometria	Matemática
(12)	Química I e II	Química
(24)	Física I, II, III, IV	Física
(16)	Lab. de Fis. I, II, III, IV	Física
(8)	História da Física I e II	Física
(4)	Introd. à Fis. Moderna	Física

Tabela I - Disciplinas do Ciclo Básico

Tais disciplinas envolvem a aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral, da Análise Vetorial e da Álgebra Linear (Cálculo I, II, III, IV; Álgebra e Geometria), da Química Geral e Física Química (Química I e II), da Física Clássica - Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo - e de seus experimentos relevantes (Física e Laboratório I, II, III e IV).

da História da Física até o final do século passado (História da Física I e II) e finalmente da problemática teórica e experimental em relação à Física Clássica (Introdução à Física Moderna).

Tal currículo é bastante semelhante àquele atualmente proposto na formação dos físicos na Universidade de São Paulo; as principais mudanças são as seguintes:

- a) Introdução de História da Física, em dois semestres, com a finalidade de complementar a visão da Física Clássica.
- b) Antecipação de um curso de Introdução à Física Moderna, capaz de promover a síntese conceitual da Física Clássica e de sinalizar os problemas teóricos e experimentais que ela apresenta.
- c) Eliminação da disciplina de Cálculo Numérico, transformado em uma disciplina optativa.
- d) Adiantamento da disciplina de Física-Matemática I, a ser oferecida no Ciclo Profissionalizante com um programa reformulado.

As mudanças propostas não se apresentam como radicais, quanto ao número de disciplinas novas introduzidas ou de disciplinas atuais abandonadas e quanto ao número total de créditos obrigatórios exigidos; de fato passaríamos dos atuais 94 para os 96 propostos.

Entretanto, o problema maior do currículo do Ciclo Básico localiza-se na articulação entre as várias disciplinas. Em nossa proposta a ênfase seria na Física Clássica como um conjunto de teorias complementares e compatíveis e na aprendizagem sintética de seu quadro conceitual por parte dos estudantes: por isso nossa preocupação em complementar as disciplinas de Física Geral e Experimental com sua História, com seus problemas não resolvidos e com a necessidade de uma mudança conceitual de tipo quântico e relativístico.

Este enfoque será meramente ilusório e o currículo continuará um conjunto de disciplinas isoladas sem um sério esforço institucional de articulação; para tanto acreditamos ser indispensável à criação de uma coordenação (institucionalizada) que auxilie e estimule os docentes e os estudantes visando a compatibilização dos conteúdos e enfoques das várias disciplinas e sobretudo a elaboração de atividades didáticas oportunas, capazes de garantir um reforço recíproco e de permitir o alcance do objetivo de aprendizagem.

3. AS DISCIPLINAS DO CICLO PROFISSIONALIZANTE

A finalidade do Ciclo Profissionalizante é proporcionar ao estudante a oportunidade de construir uma visão geral do Ensino de Física.

Tal construção envolve, de um lado a complementação da formação em Física com a abordagem da Física Moderna e o aprofundamento teórico da Física Clássica do outro lado a articulação dos conhecimentos educacionais necessários à compreensão do ensino de Ciência e ao desempenho satisfatório na docência.

A tabela II apresenta o elenco das disciplinas necessárias para completar os créditos obrigatórios do Ciclo Profissionalizante.

Núm. Créditos	Disciplinas	Vertente
(5)	Física-Matemática	Formal
(6)	Física Teórica Clássica	
(9)	História da Fis. Moderna I e II	Heurística
(8)	Lab. de Fis. Moderna I e II	Empírica
(10)	Física Aplicada I e II	
(4)	Introd. às Teorias do Conhecimento	
(8)	Psicologia da Aprendizagem I e II	Psicologia
(10)	Metodologia I e II	
(12)	Prática do Ensino I e II	Metodologia
(10)	Elaboração e Utilização de Mat. Didático I e II	
(4)	Análise Institucional de Ensino	Sociologia
(4)	Estudo de Problemas da Educação	

Tais disciplinas envolvem o desenvolvimento das vertentes Formal, Heurística e Empírica referente ao conteúdo científico e das vertentes Psicológica, Sociológica e Metodológica referente à problemática educacional, além de uma disciplina introdutória que serve de ponte entre os dois tipos de conteúdo (Introdução às Teorias do Conhecimento).

A vertente Formal é desenvolvida mediante duas disciplinas que apresentam a instrumentação matemática aplicada aos problemas físicos (Física-Matemática) e desenvolvem tópicos de Física Teórica referentes à Mecânica Analítica e à Teoria Eletrodinâmica (Física Teórica Clássica).

A vertente Heurística envolvem a apresentação e discussão da História da Relatividade Restrita e Geral (História da Física Moderna I) e da Mecânica Quântica (História da Física Moderna II).

Finalmente a vertente Empírica envolve a elaboração de experiências significativas de Física Moderna (Laboratório I e II) e o estudo de aplicações Tecnológicas da Física Clássica (Física Aplicada I) e da Física Moderna (Física Aplicada II).

A problemática educacional é tratada mediante a vertente Psicológica, Metodológica e Sociológica. A vertente Psicológica discute o problema da Aprendizagem do ponto de vista da teoria da aprendizagem (Psicologia da Aprendizagem I) e de sua aplicação principalmente à aprendizagem de Ciência (Psicologia II). A vertente Metodológica discute os problemas gerais das situações de ensino (Metodologia I) e os problemas específicos do ensino de Física (Metodologia II).

Finalmente, a Prática de Ensino I e II se baseia no planejamento e aplicação de uma experiência de docência, ao passo que a disciplina de Elaboração e Utilização de Material Didático I e II propicia aos futuros professores uma capacitação para produção e utilização de material de laboratório e de textos didáticos.

Finalmente a vertente Sociológica incluirá a análise das relações sociais no Ensino (Análise Institucional) e dos problemas gerais da Educação Brasileira (Estudo de Problemas de Educação).

Tal currículo envolve diferenças significativas em relação ao da Universidade de São Paulo (que constitui nosso termo de confronto por termos familiaridade com ele); as principais mudanças são as seguintes:

- a) Introdução da disciplina Física Teórica Clássica com a finalidade de aprofundar a análise da Física Clássica em alguns de seus elementos formais.
- b) Introdução do Curso de História da Relatividade e da Mecânica Quântica substituindo os cursos teóricos de Estrutura da Matéria I e II.
- c) Ampliação do curso de Física Aplicada para dois semestres distinguindo as aplicações de Física Clássica e de Física Moderna.
- d) Introdução de um curso sobre teorias do conhecimento, que analisa a gênese e as características do conhecimento científico e do conhecimento comum.
- e) Modificação do programa de Física Matemática para permitir a introdução do Cálculo Tensorial necessário ao entendimento da gênese da Relatividade Geral.
- f) Modificação do Programa de Psicologia da Educação I e II, transformadas em Psicologia da Aprendizagem I e II, para permitir uma maior focalização das teorias da aprendizagem e dos resultados referentes principalmente à aprendizagem de Ciência (Resolução de Problemas, Mudanças Conceituais, etc.).
- g) Modificação do programa de Instrumentação para o Ensino de Física I e II, transformadas em Elaboração e Utilização de Material Didático I e II, introduzindo o tratamento do material escrito.
- h) Modificação do programa de Didática e Tecnologia do Ensino de Física I, transformadas em Metodologia do Ensino I e II, focalizando principalmente as contribuições teóricas de análise do Ensino, os recursos metodológicos, os projetos de Ensino de Física e os resultados das pesquisas mais recentes.
- i) Introdução da disciplina Análise Institucional no Ensino, visando a discussão das relações sociais no ensino, principalmente as relações de poder, em substituição à disciplina Estrutura e Funcionamento do Ensino de I e II graus.
- j) Substituição da disciplina Estudos de Problemas Brasileiros, transformada em Estudos de Problemas da Educação Brasileira, cujo program tem maiores relações com a atividade educativa do futuro professor.

Tais modificações envolvem, além da introdução de várias disciplinas novas, também uma ampla reorganização dos programas e dos conteúdos do currículo obrigatório atual. Uma parte dos conteúdos eliminados deverá ser objeto de estudo em disciplinas optativas, que deverão ser pensadas como corolário e complemento natural do currículo obrigatório.

O número total de créditos do Ciclo Profissionalizante passou dos atuais 77 créditos (na U.S.P.) para os 90 propostos; este aumento poderá ser compensado em parte diminuindo o número de créditos das disciplinas optativas, que atualmente é de 17.

Como já salientamos na discussão das disciplinas do Ciclo Básico, um problema fundamental é a reformulação das atividades didáticas e sua coordenação; vale acrescentar que no Ciclo Profissionalizante deverão ser introduzidas de forma sistemática atividades "personalizadas", ou seja, atividades nas quais o docente funciona como assessor e colaborador visando a resolução de problemas e a realização de objetivos de interesse dos estudantes.

Tal tipo de atividades é fundamental para garantir a capacidade de auto-regulação e de auto-instrução do futuro professor, que deverá complementar sua aprendizagem com continuidade, após o término de sua formação acadêmica.

A articulação das atividades didáticas, sua variedade (discutida na parte II deste trabalho) e sua complementariedade são a garantia melhor de um período de aprendizagem particularmente interessante e fecundo; por esta razão estamos convencidos que a coordenação do Ciclo Profissionalizante deverá ser realizada por docentes com experiências de pesquisa interdisciplinar, que auxiliem e estimulem docentes e estudantes na realização dos objetivos do Curso Profissionalizante.

4. CONCLUSÃO

Na Introdução deste trabalho nos propomos a tarefa de contribuir para a melhoria da formação do professor de Física, discutindo a elaboração de um currículo de Licenciatura adequado, capaz de minimizar progressivamente as falhas da formação atual.

Acreditamos ter cumprido nossa tarefa pelo menos de duas maneiras.

- 1) Propondo uma discussão detalhada das diretrizes (parte I), dos objetivos, das atividades didáticas e dos conteúdos (parte II) que deverão caracterizar a elaboração de um currículo compatível com os resultados das pesquisas e dos enfoques mais recentes na área de Educação Científica.
- 2) Mostrando, com um exemplo concreto (parte III) como é possível seguir tais diretrizes e se adequar a tais objetivos de maneira coerente, sem perder o contato com a realidade e as limitações de uma grande Universidade brasileira.

Ao conceber a formação do professor como uma transformação de uma concepção espontânea sobre Ensino de Ciência para uma concepção científica sobre o mesmo, fomos obrigados a focalizar os instrumentos culturais e cognitivos necessários para operar esta transformação.

Tendo definido como elementos fundamentais desta concepção as idéias sobre Ciência e seu desenvolvimento, sobre Aprendizagem, sobre a Arte de Ensinar e sobre a Educação como fenômeno social, já delimitamos os conhecimentos fundamentais necessários ao futuro professor e as disciplinas básicas capazes de fornecer como seu objetivo uma transformação de mentalidade; esta meta implicitamente define também os tipos de atividades didáticas necessárias para estimular e favorecer tal transformação.

Além disso, ao considerarmos a formação do professor como um problema a ser analisado com o auxílio dos resultados das pesquisas mais modernas nas áreas de História e Filosofia da Ciência e principalmente de Educação Científica, implicitamente a deslocamos aos cuidados dos pesquisadores destas áreas que se tornaram seus orientadores naturais. Assim, a elaboração de um currículo adequado de Licenciatura em Ciências tem se tornado em primeiro lugar um problema de pesquisa com a finalidade de encontrar as melhores condições de contorno para a realização de uma determinada mudança conceitual dos estudantes.

Ainda mais que a própria definição de estado inicial e final desta mudança não é um dado empírico imediato, mas o produto elaboração de sínteses de pesquisas, principalmente as referentes às concepções espontâneas dos estudantes. Dessa forma a formação do professor se tornou, em nossa perspectiva, também uma iniciação à pesquisa na área de

Educação Científica, tendo na Pós-Graduação sua continuidade natural e seu lugar imediato de avaliação.

A elaboração de um exemplo concreto, consistiu em um esforço notável pois procurou não se afastar demasiadamente, do ponto de vista da estrutura e do conteúdo, da situação atual e das competências existentes atualmente, por exemplo, no Instituto de Física e na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo ou de outras grandes Universidades Brasileiras; de outro lado visou delinear um produto coerente e unitário e capaz de ser renovado a partir da descoberta de novos enfoques ou novos conhecimentos a respeito.

É possível de perceber, atrás da lista das disciplinas, o esforço para balancear conteúdos científicos com problemática educacional, propostas e análises teóricas com aplicações práticas, sobretudo no Ciclo Profissionalizante.

Tal tentativa tem a vantagem de manter o rigor e a metodologia das várias disciplinas nos conteúdos teóricos gerais e de envolver síntese interdisciplinar nas aplicações concretas ao ensino de Física e a seus problemas específicos.

Evidentemente o exemplo não deve ser visto como uma sugestão paralizante em relação a idéias e propostas novas e mais arrojadas, mas somente como um incentivo para buscar sínteses originais e coerentes.

O currículo atual, na USP, apesar dos esforços de vários professores que têm introduzido modificações locais interessantes em vários programas, carece daquilo que podemos definir como uma conexão de fundo. O aluno sente que está flutuando de uma disciplina para outra sem um guia firme e coerente, por isso desanima às primeiras dificuldades e dificilmente consegue sintetizar de maneira pessoal o conhecimento e as habilidades adquiridas.

Acreditamos que o exemplo sugerido, apesar de constituir uma proposta teórica ainda não implementada e conseqüentemente não confrontada com as exigências e as dificuldades da realidade, se apresente como um quadro bem estruturado e com uma coerência interna (quando complementado com as atividades didáticas sugeridas e com o esforço contínuo de coordenação das mesmas). Sua estrutura pode ser útil também como referência para o desenvolvimento e o aperfeiçoamento

de outras propostas de cursos de Licenciatura em Física, baseadas em outras concepções do ensino e da aprendizagem.

Agradecemos os Profs. J.L.A. Pacca e R.I. Kishinami pela leitura do trabalho e pelas sugestões.

REFERÊNCIAS

- Krasilchik, M. - Tese de Livre Docência - FEUSP - 1986.
- Piaget, J.; Garcia, R.: "Psicogênese e História de la Ciencia" - Siglo XXI, Ed. México - 1982.
- Villani, A. - "O Currículo de Licenciatura em Física I. Diretrizes" - Rev. Ens. Física 10 (1988) pp 153-162.
- Villani, A.: "O Currículo de Licenciatura em Física II. Objetivos, Conteúdos e Atividades" - Rev. Ens. Física 11 (1989) pp 148-168.