

A ATUALIZAÇÃO DOS CURRÍCULOS DE FÍSICA DA ESCOLA MÉDIA: UM ESTUDO EM CONDIÇÕES REAIS DE SALA DE AULA ANALISADO A PARTIR DA TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA¹.

Maurício Pietrocola [mpietro@usp.br]^b

^b USP - Faculdade de Educação

RESUMO

Este trabalho é parte de uma pesquisa envolvendo proposta de atualização curricular. Os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea estão, em geral, ausentes das aulas do Ensino Médio. Neste trabalho nos propomos a analisar os requisitos necessários para a inserção de elementos de Mecânica Quântica nas aulas do Ensino Médio. A análise teórica será feita com base na teoria de “Transposição Didática”, proposto por Yves Chevallard, a partir da qual apontamos alguns elementos que questionam a aplicabilidade de suas regras aos temas desta “nova” Física.

1 - INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas em Ensino de Física apontam para a necessidade da inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio². Os trabalhos decorrentes de quase duas décadas de pesquisas educacionais são suficientes para nos assegurar da necessidade de atualização dos programas de Física na Educação Média. Entretanto, são poucas as pesquisas relacionadas à implementação de tópicos de teorias modernas e contemporâneas. Professores da escola média e pesquisadores em ensino parecem tatear, movendo-se muito lentamente, como se movessem no escuro, temendo por demais cada novo passo. Certamente, a cautela na abordagem de FMC no Ensino Médio não é difícil de ser entendida. Os desafios são impostos não apenas pela complexidade intrínseca destes tópicos, mas também por uma insegurança inerente a qualquer tentativa de mudança no domínio escolar. Acrescente-se a isso, o sistema de ensino que, na maioria das vezes, dificulta, e até impede, qualquer tipo de inovação. Grande parte dos professores está presa a um cenário pedagógico sem muita flexibilidade, seja por prescrições de conteúdo, horários restritos e especificidades de suas próprias disciplinas. Não é incomum o professor sentir-se cerceado pelas condições que lhe são impostas na escola, como a preocupação exacerbada com o cumprimento do programa ou a pressão por resultados no vestibular. Isso sem levar em conta o tamanho das turmas e a extensão dos currículos.

Desta forma, cada inovação curricular se torna uma pequena batalha travada entre professores, escola e alunos. Infelizmente, na maioria das vezes, é uma guerra de derrotados, sem qualquer vencedor. Como não se vence uma batalha sem conhecer bem seus “inimigos”, é preciso entender em profundidade os motivos que tornam o ensino tradicional de Física tão refratário às mudanças. Acreditamos que ao compreender melhor como a produção científica migra da comunidade acadêmica para a sala de aula, estaremos mais capacitados para a proposição de alternativas que garantam uma inserção efetiva de conceitos de Física Moderna (FM) no Ensino Médio.

¹ Texto a ser traduzido para o Inglês

² VEIT et all, 1987; STANNARD, 1990; TERRAZZAN, 1992; OSTERMANN E MOREIRA, 2001.

2 - A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A idéia de Transposição Didática foi formulada originalmente pelo sociólogo Michel Verret, em 1975. Porém, em 1980, o matemático Yves Chevallard retoma essa idéia e a insere num contexto mais específico, tornando-a uma teoria e com ela analisando questões importantes no domínio da Didática da Matemática. Em seu trabalho, CHEVALLARD (1991) analisou como o conceito de “distância” nasce no campo da pesquisa em matemática pura e reaparece modificado no contexto do ensino de Matemática. Ele define a Transposição Didática como um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas (o Saber Sábio) se transforma naquele que está contido nos programas e livros didáticos (o Saber a Ensinar) e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula (o Saber Ensinado). CHEVALLARD analisa as modificações que o saber produzido pelo “sábio” (o cientista) sofre até este ser transformado em um objeto de ensino.

Segundo essa teoria, um conceito ao ser transferido, transposto, de um contexto ao outro, passa por profundas modificações. Ao ser ensinado, todo conceito mantém semelhanças com a idéia originalmente presente em seu contexto da pesquisa, porém adquire outros significados próprios do ambiente escolar qual será alojado. Esse processo de transposição transforma o saber, conferindo-lhe um novo status epistemológico (ASTOLFI, 1995).

De maneira geral, CHEVALLARD pretende que os conhecimentos (saberes) presentes no ensino não sejam meras simplificações de objetos tirados do contexto de pesquisas com o objetivo de permitir sua apreensão pelos jovens. Trata-se, pois, de “novos” conhecimentos capazes de responder a dois domínios epistemológicos diferentes: ciência e sala de aula.

Em cada época, é necessário que o conhecimento científico escolar esteja fundamentado no conhecimento produzido pelos cientistas, e que esse já tenha sido aceito de uma forma consensual pela comunidade científica. A pesquisa em Física induz a um Ensino de Física que deva, a princípio, ser sua própria imagem e semelhança. A partir disso, idéias, conceitos, teorias são, então, transpostos para os programas escolares e materiais didáticos. No entanto, o conhecimento acadêmico deve ser “adaptado” ao ambiente das salas de aula. Isso pode sugerir a idéia de que o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado sejam pouco diferentes daqueles presentes nos laboratórios e grupos de pesquisa. Essa forma de conceber o ensino traz embutida a idéia de simplificação do saber.

“À primeira vista somos levados a interpretar que o saber a ensinar é apenas uma mera “simplificação ou trivialização formal” dos objetos complexos que compõem o repertório do saber sábio”. (ALVES-FILHO, 2000, p.225)

Para ALVES-FILHO, esta visão simplificada “é equivocada e geradora de interpretações ambíguas nas relações escolares, pois revela o desconhecimento de um processo complexo de transformação do saber”.³

Para o aluno, esta idéia de simplificação do conhecimento transforma-se em um obstáculo ainda maior. A imensa maioria dos conceitos apresentados aos alunos tem pouco (às vezes nenhum) significado para eles. Assim, aquilo que lhes é ensinado difere totalmente do que vivenciam fora da escola. Com isso, raramente conseguem aplicá-los em qualquer outra situação que não sejam

³ ALVES-FILHO, 2000, p.225

aquelas fornecidas dentro da sala de aula. As famosas “condições ideais” só existem nos livros, de maneira que

“(..) os exercícios ou problemas jamais tratarão de casos reais, estabelecendo sempre situações ideais. Algumas observações são muito freqüentes ao longo da dinâmica no Ensino Médio, como:

exclua a resistência do ar;

considere o plano perfeitamente liso e sem atrito;

despreze as dimensões do corpo e;

considere o valor de g constante durante o movimento”. (OFUGI, 2001, p.65)

Contudo, a suposta “simplificação” gera, na verdade, um novo saber, com novo estatuto epistemológico, o Saber Escolar.

“O que percebemos é que não existe uma neutralidade na apresentação dos conteúdos, e sim a criação de uma Física Escolar, que embora possua vínculos com a Física Científica, se mostra completamente modificada e transformada”. (OFUGI, 2001, p.68)

Mais que razoável, é até desejável que ocorra a produção de um novo saber, mesmo com os riscos inerentes ao processo de criação. As motivações e objetivos de se ensinar e aprender ciências são extremamente diferentes daqueles presentes no fazer científico. Há uma mudança de nicho epistemológico, o que implica numa inevitável transformação do conhecimento. Por isso, o Saber Ensinado e o Saber Sábio, embora conectados, são diferentes.

A existência de atividades, objetos e áreas de estudo presentes exclusivamente no ensino, sem equivalentes na área de pesquisa, serve como forma de mostrar a inexistência de meras simplificações conceituais. Algumas situações de ensino guardam alguma relação com o conhecimento de sua área específica, mas na verdade possuem identidade própria. Elas “existem” apenas como criações didáticas. Neste sentido, OFUGI afirma que

“Boa parte dos exercícios de Cinemática e Termometria, por exemplo, nunca foram objeto de estudo da Física. Não existe nenhum grupo de físicos estudando transformações de escalas termométricas, nem tampouco algum que tenha como objeto de pesquisa o tempo de queda de uma lasca de madeira que se solta de uma ponte [Cálculos como esse ou similar estão presentes em vários livros do Ensino Médio quando o tema MRUV ou Queda-Livre é tratado]”. (OFUGI, 2001, p.67)

As simplificações existem no processo de Transposição Didática. Ou seja, muitas vezes é necessário limitar a profundidade conceitual e as linguagens empregadas em algumas situações. Um dos motivos que justificam essa simplificação é decorrente, por exemplo, da carga horária. As escolhas e adaptações são as únicas saídas quando deve-se fazer caber três ou quatro séculos de Física em duas ou três aulas semanais ao longo de três anos.

Desta forma, analisar a evolução do saber que se encontra na sala de aula através da Transposição Didática possibilita uma fundamentação teórica para uma prática pedagógica mais reflexiva e questionadora. Para CHEVALLARD, isso equivale à capacidade, e necessidade

constante, do professor exercer uma vigilância epistemológica em seu magistério. A Transposição Didática é para o professor

“[...]uma ferramenta que permite recapacitar, tomar distância, interrogar as evidências, pôr em questão as idéias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo. Em uma palavra, é o que lhe permite exercer sua vigilância epistemológica”. (CHEVALLARD, 1991, p.16)

3 - ANATOMIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

CHEVALLARD mostra que a forma de relacionamento entre o Saber Ensinado e o Saber Sábido é um dos pontos fundamentais em toda a didática. Estas relações ocorrem dentro de um ambiente que configura um contexto escolar (o Sistema Didático); um pequeno universo que se encontra dentro de um ambiente externo (o Sistema de Ensino). Este último é tido como “algo” mais amplo. Seria, por exemplo, as escolas e o sistema educacional de um país, que acabam sempre por influenciar o Sistema Didático.

“O entorno imediato de um sistema didático está constituído inicialmente pelo sistema de ensino, que reúne o conjunto de sistemas didáticos e tem ao seu lado um conjunto diversificado de dispositivos estruturais que permitem o funcionamento didático e que intervem nos diversos níveis”. (CHEVALLARD, 1991, p.27)

O Sistema de Ensino também se encontra inserido dentro de um contexto ainda mais amplo e complexo, a Sociedade. De maneira geral, poder-se-ia exemplificar a sala de aula como um Sistema Didático, a escola, ou a rede de ensino de uma cidade, como o Sistema de Ensino.

A mediação entre a sociedade e o Sistema de Ensino é realizada pela noosfera, considerada como o ambiente onde

“se encontram todos aqueles que, tanto ocupam os postos principais do funcionamento didático, se enfrentam com os problemas que surgem do encontro da sociedade e suas exigências; ali se desenvolvem os conflitos; ali se levam a cabo as negociações; ali se amadurecem as soluções”. (CHEVALLARD, 1991, p.28)

O Sistema de Ensino sempre foi pensado, na pedagogia tradicional, como binário: composto pelo professor e o aluno. Como era um sistema que continha apenas seres humanos, analisar suas relações tornava-se algo extremamente complexo e ficavam sujeitos somente aos estudos de natureza sociológica. Desta forma, as falhas e imperfeições humanas eram refletidas no ensino de maneira que os conflitos ali existentes passavam a serem vistos como algo inerente a esse tipo de relações. Porém, para CHEVALLARD, o pensamento e construção do objeto de ensino se configuram sobre uma base ternária. Ou seja, essa manufatura do saber escolar acontece numa relação contendo três elementos: o professor, o aluno e o saber.

“[...] uma vez que se torna possível falar desse terceiro termo, tão curiosamente esquecido: o saber, pode formular-se uma pergunta que concede à polêmica seu verdadeiro interesse: O que é então aquilo que, no sistema didático, se coloca sob o estandarte de O Saber? O “saber ensinado” que concretamente encontra o observador, que relação entabula com o que se proclama dele fora desse âmbito? E

que relação entabula então com o “saber sábio”, o dos matemáticos⁴? Quais distâncias existem entre um e outro?”. (CHEVALLARD, 1991, p.15)

CHEVALLARD mostra que, para compreendermos realmente as relações que ocorrem dentro do Sistema de Ensino, deveríamos incluir o saber como elemento fundamental nesse processo. Ao compreendermos as alterações sofridas pelo saber, desde sua criação na comunidade científica até sua chegada nas salas de aula, temos em mãos um bom instrumento para avaliar os impactos que este causa nos alunos. Assim, acreditamos sermos mais capazes de dar significado a esses conhecimentos apresentados nas escolas.

3.1 - A Noosfera

Conforme já exposto anteriormente, em sua análise, CHEVALLARD define três esferas ou patamares de saber: Saber Sábido, Saber a Ensinar e Saber Ensinado. Cada uma destas esferas tem seus agentes pertencentes a diferentes grupos sociais, com interesses distintos e que, com regras próprias, influenciam nas mudanças sofridas pelo saber ao longo de seu percurso epistemológico. Porém, ao longo da trajetória sofrida pelo saber (do ambiente científico até à sala de aula) existem fatores externos ao sistema escolar, inseridos em um ambiente mais amplo, onde todas as três esferas coexistem e se influenciam. Nem tudo que chega deste ambiente externo tem reflexo na sala de aula. Os agentes reguladores, determinantes para a seleção e, principalmente, para as modificações que o Saber Sábido sofrerá, são os componentes dos bastidores de todas as mudanças, definidos por CHEVALLARD como a **noosfera**. Nela, encontram-se todos aqueles que, de uma forma ou de outra, influenciam nos rumos do ensino, fazendo com que o Saber Sábido se modifique até chegar às escolas.

A noosfera é composta, em geral, por cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos, entre outros. Cada um destes contribuindo com seus valores, preferências, idéias e objetivos específicos no delineamento dos saberes que chegarão à sala de aula. Cada esfera dos saberes possui seus sub-grupos de atores da noosfera, podendo haver ou não uma sobreposição entre grupos de esferas diferentes.

Os agentes presentes no processo de mudança e adequação dos saberes são personificados na figura da noosfera. Ela atua como um mediador entre duas instâncias importantes, que são as necessidades e anseios da sociedade e o funcionamento do sistema escolar. Pode-se, então, dizer que

“A noosfera é o centro operacional do processo de transposição, que traduzirá nos fatos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado (expresso pelos matemáticos, pelos pais, pelos professores mesmos). Ali se produz todo conflito entre sistema e entorno e ali encontra seu lugar privilegiado de expressão. Neste sentido, a noosfera desempenha um papel de obstáculo”. (CHEVALLARD, 1991, p.34)

3.2 - As Esferas do Saber

As esferas de saber, bem como os membros da noosfera que participam de cada um destes domínios, são assim definidos por CHEVALLARD.

⁴ Ou Físico, ou Biológico etc dependendo, obviamente, do saber de referência em questão.

i - O Saber Sábio

Para um conhecimento científico figurar dentre aqueles apresentados aos alunos é necessário que ele possua um balizador, uma fonte de referência produzida pela comunidade científica. O Saber Sábio é, então, aquele que aparece em revistas especializadas, congressos ou periódicos científicos. Este tipo de saber nasce da produção e trabalho de cientistas e intelectuais que, mesmo possuindo diferenças idiossincráticas ou diferentes visões de Ciências, fazem parte de uma mesma comunidade de pesquisa, com perfil epistemológico bem definido.

Trata-se, assim, de um saber que é desenvolvido por cientistas nos institutos de pesquisas, e que passa pelo julgamento da comunidade científica, com sua legislação e regras próprias. Por isso, o Saber Sábio possui especificidades intrínsecas deste ambiente em que ele é gerado.

ii - O Saber a Ensinar

Ao ser transposto para o ambiente escolar, o Saber transforma-se em um outro tipo de saber, passando a integrar novas demandas e ajustando-se a elas. Este saber deverá estar revestido de uma forma didática visando sua apresentação aos alunos. O Saber a Ensinar é, então, o saber que aparece nos programas, livros didáticos e materiais instrucionais.

A esfera do Saber a Ensinar tem uma composição extremamente diversificada. Esta heterogeneidade pode ser uma fonte de conflitos, visto que seus membros lutam sempre em defesa de seus interesses, que nem sempre estão em sintonia entre si. Podemos considerar como integrantes desta esfera os autores de livros didáticos e divulgação científica, os professores, os especialistas de cada área, todo o staff governamental envolvido com educação e ciências e, até mesmo, a opinião pública.

iii - O Saber Ensinado

O saber presente nos livros e programas não necessariamente coincide com aquele produzido em sala de aula. Ou seja, quando o professor efetivamente ensina em suas aulas, tendo como base o Saber a Ensinar, ele então produz o Saber Ensinado.

“O fato de o saber a ensinar estar definido em um programa escolar ou em um livro texto não significa que ele seja apresentado aos alunos desta maneira. Assim identifica-se uma segunda Transposição Didática, que transforma o saber a ensinar em “saber ensinado”. (ALVES-FILHO, 2000, p.220)

Nessa esfera há, portanto, o predomínio de valores didáticos, pois agora a finalidade desta transposição está voltada para o trabalho do professor em sua prática diária. Assim, a “didática entra nessa relação como uma forma de otimizar as conexões do aluno, frente às informações que se deseja repassar”.⁵

Na esfera do Saber Ensinado todos os seus membros convivem em um mesmo ambiente que é a própria instituição escolar. Fazem parte destes grupos os proprietários de estabelecimentos de ensino, os supervisores e orientadores educacionais, a comunidade dos pais e, principalmente, os professores. Assim, o professor, desde o instante em que prepara suas aulas, tem que fazer a mediação entre os interesses dos membros desta esfera e os fins didáticos de sua prática.

⁵ OFUGI, 2001, p.80

4 - A SOBREVIVÊNCIA DOS SABERES

A Transposição Didática funciona como uma ferramenta de análise capaz de evidenciar o trajeto de um saber quando ele sai de seu ambiente de origem e chega até a sala de aula. É importante afirmar que nem todos os saberes do domínio do Saber Sábio farão parte do cotidiano escolar. O papel da noosfera na seleção dos saberes é imprescindível. Devem ser levados em conta os múltiplos fatores que influenciam as escolhas. Fatores que vão desde interesses políticos e comerciais, passando pelos anseios de uma sociedade que acredita na escola, até os interesses pedagógicos inerentes ao magistério e à docência.

O principal objetivo da noosfera é a otimização do ensino, buscando uma forma eficiente de conduzir o processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, a Transposição Didática também fornece indícios de características relevantes para que um determinado saber esteja presente nos livros didáticos e nas salas de aula. Ou seja, a Transposição Didática mostra quais as características que um Saber a Ensinar deve possuir.

CHEVALLARD define algumas dessas características. A primeira dela consiste em afirmar que para o Saber Sábio se transformar em Saber a Ensinar ele deve ser **Consensual**. Ao se ensinar Física professores, pais e alunos não devem ter dúvida se aquilo que é ensinado está correto ou não. Assim, este conteúdo deve ter, pelo menos neste momento, um status de “verdade”, histórica ou de atualidade. Isso indica o porquê de temas mais antigos e tradicionais serem preferidos àqueles ditos de fronteira. No Ensino de Física isso pode ser relacionado ao fato de temas de Astrofísica e Cosmologia, como evolução estelar e Big Bang, poderem até aparecer nos livros didáticos por uma imposição editorial, mas poucos professores tratam de tais assuntos em suas aulas. Contrariamente, cinemática, estática e conteúdos de mecânica clássica em geral são amplamente abordados nas aulas de Física.

Além disso, um Saber Sábio para ser transposto deve estar de acordo com dois “tipos” de **Atualidade**:

i) Atualidade Moral: Esse saber deve estar adequado à sociedade. A atualidade moral diz respeito a um tipo de conhecimento que possa ser avaliado como importante pela sociedade e necessário à composição curricular. Caso ocorra uma inadequação desse saber, corre-se o risco de a sociedade não o ver como necessário nas escolas. Deve-se ficar claro que a questão aqui é de pertinência e não de valoração per si.

ii) Atualidade Biológica: O saber deve possuir uma atualidade em relação à ciência praticada. Assim, ensinar ondas eletromagnéticas utilizando-se o éter como suporte material ou termologia usando o calórico como fluido térmico, exceto em uma perspectiva histórica, configura-se como uma inadequação biológica. O mesmo aconteceria se se ensinasse Física Atômica utilizando o modelo de Thomson, Rutherford ou mesmo o modelo de Bohr. Estes seriam conhecimentos inadequados, pois constituem-se em modelos ultrapassados.

Outra característica importante nesse contexto é a **Operacionalidade**: O Saber a Ensinar deve ser **Operacional**. Um saber que é capaz de gerar exercícios, produzir atividades e tarefas que possibilitem uma avaliação objetiva tem grandes chances de ser transposto. Conteúdos que não conseguem gerar atividades possíveis de serem avaliadas estão fadados a não serem transpostos. Uma seqüência didática considerada boa, (com conteúdos e atividades tidas como interessantes) porém não “operacionalizável” não será adequada à gestão do cotidiano escolar, pois não se

consegue fazer os estudantes “trabalharem” com ela. Assim, corre-se o risco de o aluno considerar aquele conteúdo sem importância, desistindo de disponibilizar esforços para aprendê-lo.

No processo de transposição deve haver **Criatividade Didática**: Um Saber Sábido deve permitir que haja uma **Criatividade Didática**, para que seja transposto para o contexto escolar. Isso implica na criação de um saber com identidade própria do contexto escolar. Existem muitas atividades e áreas de estudo que são produzidas para o ensino, mas que não têm equivalente na área de pesquisa, como por exemplo, os exercícios de associação de resistores em circuitos elétricos, as transformações de escalas termométricas, os vasos comunicantes etc. Em situações como essas, cria-se uma situação de ensino que guarda alguma relação com o conhecimento da dimensão sábia, mas na verdade trata-se de um objeto com “identidade didática”. Ele “existe” somente no contexto do ensino, configurando-se assim como fruto de uma criatividade didática. A Cinemática em geral, ensinada na escola, pode ser vista sob esse ponto de vista. Fruto de uma criatividade didática enorme, é resultante de um longo e bem sucedido processo de transposição didática, incorpora aspectos valorizados no processo de ensino: é consensual; possui uma alta operacionalidade e capacidade de avaliação.

O Saber a Ensinar deve também se submeter aos testes *in loco*, adquirindo por assim dizer um “selo de qualidade”. Isso é definido por CHEVALAR como **Terapêutica**. Existe uma peça fundamental para a sobrevivência dos saberes: os resultados obtidos com sua aplicação em sala de aula. A “experiência”, em termos de uma avaliação, a *posteriori* e coletiva da área envolvida é fundamental para a manutenção (ou não) dos saberes introduzidos no domínio do ensino. Desse ponto de vista, o conjunto de saberes-a-ensinar presente nos programas escolares é, em determinado momento histórico, a somatória dos sucessos alcançados pela área no processo de transposição. Em poucas palavras, o que dá certo, dentro das características que ressaltamos, se mantém na escola, o que dá errado acaba saindo.

As categorias acima permitem melhor entender porque as inovações curriculares são raras, podendo indicar motivos que justifiquem o fato de a FMC ainda estar pouco presente nas escolas: Talvez porque ainda não se conseguiu que estes tópicos dêem certo no processo de ensino. Com isso, eles continuam nos livros universitários, nas propostas curriculares (PCNs), porém não estão presentes nas salas de aula. Por outro lado, a Cinemática, a tabela periódica e classificação dos seres vivos mantêm-se há tanto tempo nas salas de aula, apesar de muitas vezes serem menos significativos para os alunos. Estes conteúdos deram certo no sentido de que estão adaptados às características e necessidades do Sistema de Ensino.

ASTOLFI⁶ elaborou cinco regras que deveriam ser observadas durante o processo de Transposição Didática, que têm uma ligação direta com as características apresentadas acima. Essas regras permitem melhor descrever a dinâmica de transformação do saber e acabam por complementar a idéia original da sobrevivência dos saberes. Essas regras são:

Regra I. Modernizar o saber escolar.

Os novos saberes que surgem no âmbito das pesquisas científicas e que são utilizados pelas indústrias e novas tecnologias são passíveis de estar contidos nos livros didáticos, criando uma aproximação da produção acadêmica com o que é apresentado na escola.

⁶ ASTOLFI, 1997

“A introdução de tópicos como “código de barras, funcionamento de um CD, termômetros óticos, fotocopiadora...”, por exemplo, são os indicativos de uma modernização do saber a ensinar”. (ALVES-FILHO, 2000, p.235).

A modernização dos saberes escolares é uma necessidade, pois legitima o programa da disciplina, garantindo seu lugar no currículo.

Regra II . Atualizar o saber a ensinar.

Ao fazer a revisão de um livro didático deve-se ir além de apenas acrescentar novos saberes. Há a necessidade de se eliminar alguns saberes que, embora corretos, devem ser descartados por estarem demais banalizados.

“Alguns objetos do saber, com o passar do tempo, se agregam à cultura geral que, de certa forma, passa a dispensar o formalismo escolar. Outros perdem o significado por razões extracurriculares e/ou escolares.[...] Regra que poderia ser entendida como a “luta contra obsolência didática””. (ALVES-FILHO, 2000, p.236).

Ou seja, a instrução formal pretendida no Sistema de Ensino deve se limitar àquela que não se encontra diluída na cultura da sociedade.

Regra III. Articular o saber “novo” com o “antigo”.

A introdução de novos saberes deve ser feita de forma articulada com outros saberes já alojados nos programas de ensino. Negar radicalmente um conteúdo já tradicionalmente presente no Sistema de Ensino pode gerar desconfiança por parte dos alunos para tudo aquilo que se deseja seja aprendido por ele na disciplina. Um exemplo dessa articulação do novo com o velho é a introdução do eletromagnetismo sem a negação da eletrostática e da magnetostática. Nos livros e programas de Física, tanto no Ensino Médio como em nível universitário básico, os capítulos destinados ao eletromagnetismo aparecem posteriormente ao estudo da interação entre cargas paradas e das propriedades magnéticas da matéria. O mesmo acontece com a introdução do conceito de campo elétrico em articulação historicamente anacrônica e epistemologicamente incorreta com a força coulombiana.

Regra IV. Transformar um saber em exercícios e problemas.

O Saber Sábio capaz de gerar uma ampla variedade de exercícios e atividades didáticas tem uma maior chance de ser transposto e se tornar Saber a Ensinar.. A operacionalização do Saber em atividades para os estudantes é um dos critérios mais importantes para a sua presença na sala de aula. A operacionalidade é um atributo importante pois garante a gestão do cotidiano escolar.

Regra V. Tornar um conceito mais compreensível.

A Transposição Didática deve permitir a aprendizagem de conceitos, caso contrário, ela não pode ser legitimada. Isso em grande parte devido à necessidade de gestão do Contrato Didático por parte do professor⁷. Sobre esse ponto, é fundamental que os papéis de professor e aluno possam ser efetivamente cumpridos, resumidamente indicando que ao professor cabe ensinar e ao aluno aprender.

⁷ Ver para isso RICARDO, S LONGO E PIETROCOLA, 2003

A partir da exposição acima, pode-se avaliar que a Transposição Didática fornece critérios mínimos para se entender a produção e sobrevivência de saberes no Sistema Didático. A partir dela é possível explicar, em parte, porque em disciplinas com longa tradição, como a Física, os programas se mantêm pouco modificados ao longo de décadas, ou talvez séculos! O “velho” sobreviveu às vicissitudes da sala de aula: produziu atividades capazes de serem realizadas pelos alunos; pôde ser avaliado pelos professores, e a terapêutica confere-lhe a confiança necessária para permanecer. Por outro lado, as necessidades de atualização e modernização dos saberes concorrem no sentido de promover mudanças, que no entanto acabam por raramente ocorrer. Isso porque nas ciências em geral, e na Física em particular, tais necessidades muitas vezes são relativizadas em face de dificuldades internas ao próprio conhecimento, tais como:

1º - **Aproximações**: a mecânica newtoniana não é estritamente “moderna”, nos termos acima mencionados, tendo sido suplantada pela relatividade einsteiniana. Porém tem um grau de precisão elevado quando aplicada ao cotidiano, onde as velocidades dos corpos são pequenas quando comparadas à da luz.

2º - **Hermeticidade**: pela sua estruturação conceitual, abstração e formulação em linguagem matemática, os conhecimentos presentes nas ciências físicas são poucos assimiláveis pela cultura popular. Ou seja, mesmo conteúdos extremamente “velhos”, como a cinemática, ainda hoje não fazem parte do senso comum dos indivíduos do século XXI.

Nessa perspectiva, temas dos séculos XVII, XVIII e XIX, como, por exemplo, Cinemática, Termodinâmica e Eletricidade, figuram de forma majestosa nos currículos atuais por terem se adequado ao ambiente escolar. Temos, assim, uma estrutura curricular que tende a se manter, apesar da defasagem que hoje chega a mais de três séculos.

5 - TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: UM OLHAR SOBRE A FÍSICA MODERNA

A discussão sobre atualização nos programas e currículos de Física pode ser encaminhada face à caracterização proposta pela Transposição Didática. Um procedimento poderia ser analisar os conteúdos ligados à Teoria Quântica (foco deste trabalho) a partir da *sobrevivência* dos saberes acima expostos.

Inicialmente, não há dúvida de que essa teoria seja **consensual** no seio da comunidade científica, embora possa haver debate sobre a melhor forma de interpretar o que ocorre no mundo microscópico. O problema das várias interpretações possíveis na descrição do mundo microscópico tem sido palco para debates acalorados no domínio da filosofia nos últimos 80 anos, mas tais debates são cada vez menos presentes no domínio da ciência ela mesma. (ver PESSOA JUNIOR, 2000). Mantendo-se a seleção de conteúdos restrita aos aspectos puramente conceitual e formal da Teoria Quântica, não há motivos para não considerá-la consensual. Embora possa se discutir, como faremos mais abaixo, sobre a pertinência ou não de manter essa discussão restrita a esses aspectos.

Em relação aos demais critérios, é indiscutível que ela possui uma **atualidade biológica** (é a teoria que melhor representa a gama de dados empíricos obtidos nas pesquisas) e, certamente, tem **atualidade moral** (está na base de todo o progresso científico-tecnológico presente na sociedade moderna). No entanto, o maior problema surge de sua baixa **operacionalidade** em termos de produção de atividades para os estudantes quando comparada aos conteúdos clássicos. Por um lado, esse problema está ligado a **criatividade didática**, e por outro lado à **terapêutica**, ambas ainda por serem construídas, pois as experiências de ensino com a introdução de conteúdos da teoria quântica no sistema de ensino ainda são recentes.

Em relação à produção de atividades, é importante notar que um saber que sobrevive no Ensino Médio é aquele que pode ser transformado em uma série de exercícios semelhantes, como os que aparecem nos livros didáticos e outros materiais de ensino. No entanto, segundo a Transposição Didática, a operacionalidade deve ser vista em conexão estrita com os processos de desenvolvimento das atividades e de avaliação. As atividades devem ser pensadas de forma a que professor e aluno sejam capazes de ter consenso sobre o que fazer e como avaliar o resultado das atividades propostas. Quando a realização e a avaliação de atividades parecerem “normais” para ambos, configura-se uma situação de pertinência da atividade para com as exigências didático-pedagógicas da sala de aula. Em termos gerais, a operacionalidade:

“é a regra que reflete o maior grau de importância no processo transformador do saber, ao criar uma ligação muito estreita com o processo de avaliação [...] Este procedimento desenvolve uma avaliação “neutra”, pois não há discussão sobre a resposta numérica. A resposta está certa ou errada, não havendo margem para discussões. Além de eliminar dúvidas de julgamento este tipo de exercício é de fácil correção, diminuindo a carga de tarefas do professor”. (ALVES-FILHO, 2000, p.238)

Em termos das “regras” acima propostas por ASTOLFI, as de número IV e V são aquelas a desafiar a criatividade dos físicos-educadores. A tarefa de gerar compreensão dos conceitos e leis associados à Teoria Quântica é das mais difíceis. Por um lado, boa parte do entendimento desta teoria está relacionada ao domínio de uma linguagem matemática muito sofisticada. As equações de onda, números imaginários, funções de probabilidade, matizes, etc. não são dominadas amplamente pelos estudantes do Ensino Médio. Por outro lado, a incerteza e a interpretação probabilística são recursos imprescindíveis para representar o mundo microscópico e nem sempre são conceitos fáceis de serem utilizados pelos mesmos estudantes.

Transpor a Teoria Quântica para a sala de aula do Ensino Médio deve ser vista como uma tarefa das mais complexas, pois de um lado têm-se as exigências epistemológicas inerentes ao campo de conhecimento produzido pela Física Moderna, muito distantes dos padrões de entendimento forjados no mundo cotidiano. Por outro lado, as exigências do domínio escolar não são menores, pois ideologia, necessidades de natureza didática e tradição se entrelaçam na constituição de um domínio particular. Tem-se de fato um problema complexo e com solução não óbvia: como satisfazer a ambos domínios? Será possível manter o rigor conceitual e ao mesmo tempo satisfazer as exigências do sistema didático?

Em termos práticos, temos observado propostas de ensino divididas em dois grupos:

i) aquelas que se mantêm mais alinhadas com as exigências conceituais do saber sábio e portanto, mais próximas dos saberes a ensinar presentes nos cursos universitários básicos (MÜLLER, R.; WIESNER, H. 2002; MICHELINI, M. et all. 2000. OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M., CAVALCANTI, C.J.H. 1999. OSTERMANN, F., PUREUR, P., 2005; BARTHEM, R. 2005). O problema nessa tendência é que tais propostas excluem a maioria dos professores de Física e boa parte dos estudantes do Ensino Médio. Seja por falta de domínio conceitual ou do formalismo matemático, o Saber a Ensinar fica restrito a poucos professores, que por sua formação privilegiada em Física, são capazes de ensiná-los no Ensino Médio. A possibilidade de aprendizagem dos estudantes é ainda uma questão em aberto em termos de pesquisa.

ii) Outras mais próximas das exigências do sistema didático e portanto mais semelhantes ao que vem sendo feito nas aulas de Física da Escola Média. Nessa última tendência, existe a tentativa

de se utilizar a mesma estrutura de transposição que transformou a Cinemática, ou a Dinâmica com seus inúmeros problemas de bloquinhos em atividades de ensino. Ela conduz à criação de exercícios similares àqueles desenvolvidos em boa parte dos livros didáticos tradicionais, de forma que se muda apenas o nome dos elementos envolvidos nos exercícios (Por exemplo, ver exercícios: 9, p.297; 13, p.298; 9, p. 320; 1, p. 359; 3, p.365; 11 e 12, p. 382; GASPAR, G. 2000). Assim, um exercício comum que aparece quando se intenciona inserir Física de Partículas nas escolas é, simplesmente, transformá-la em colisões de bolinhas e exigir o cálculo de *quantidade de movimento* para descrever seu comportamento. Estas bolinhas, agora com nomes excêntricos como elétrons, prótons, nêutrons etc. são na verdade as mesmas bolas de sinuca que antes colidiam numa mesa de bilhar. Ou seja, criar exercícios que trabalhem conceitos de FMC utilizando o mesmo molde, ou o mesmo tipo de operacionalidade existente na FC é “vender vinho velho em garrafa nova”. Assim, apenas troca-se relação $F = m a$ por $E = h v$. Vale dizer ainda que outro problema pode acompanhar a produção e aplicação dessas novas atividades; utilizando o mesmo modelo de exercícios corre-se o risco de transformar a FMC em algo tão cansativo, inexpressivo e enfadonho quanto é o ensino da Cinemática em muitos casos. Não se deve imaginar que exercícios deste tipo não tenham nenhum valor, nem que devam estar fora de cursos introdutórios de FMC. Porém, seu valor deve ser atrelado ao que seria possível obter em termos de entendimento do mundo microscópico através deles. Ou seja, as atividades a serem criadas devem cumprir esses quesitos e ainda conseguir abarcar o novo contexto epistemológico definido pelos conhecimentos da FMC.

6 – CONCLUSÕES

Do acima exposto, poderia parecer que a discussão sobre a introdução de conteúdos as modernas teorias nos currículos de Física se encaminha para um impasse. No entanto, parece-nos possível evitá-lo através de uma transposição didática centrada em atividades que tenham uma maior ênfase na argumentação de cunho filosófico, privilegiando o debate e as características mais qualitativas do conhecimento. Essa perspectiva parece capaz de contornar os obstáculos gerados pelas representações probabilísticas e pelo formalismo matemático, inerentes a essa nova teoria. No entanto, tais atividades encontram resistência no ensino tradicional. Como afirma ALVES-FILHO

“De fato, observa-se que os objetos de ensino que permitem a elaboração de exercícios e problemas, são mais valorizados no espaço escolar, em detrimento daqueles que ficam restritos à argumentação teórica”. (Ibid, 2000, p.238)

De alguma forma, os professores de Física, os autores de livros didáticos, os formuladores de programas curriculares, os dirigentes escolares, os pais de alunos e os próprios alunos, ou seja a Noosfera, devem ser capazes de se libertar das regras de sobrevivência que geraram o Saber Escolar tradicional. Ao buscar uma nova “rota” para a transposição didática, estaremos abertos ao estabelecimento de novas “regras” nas quais possa se vislumbrar a acomodação entre os requisitos da ciência com aqueles da sala de aula. Esse novo Saber Escolar deve ser avaliado em termos da motivação que ele gera e de seu sucesso entre os alunos. Porém agora o sucesso deve também ser visto no sentido de entendimento, prazer e significação e não apenas em termos de adaptabilidade.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES-FILHO, J.P. *Atividades Experimentais: Do Método à Prática Construtivista*. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.

ASTOLFI, J-P e DEVELAY, M. *A Didática das Ciências*. Papirus. Campinas, 1995.

BARTHEM, R. *Temas atuais de física: A Luz*. Livraria da Física, São Paulo, 2005.

- CHEVALLARD, Y. *La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.
- GASPAR, A. Física – volume 3. *Editora Ática*, São Paulo, 2000.
- MICHELINI, M. et all. Proposal for quantum physics in secondary school. *Physics Education*, London, v.35, n.6. p.406-410, nov. 2000.
- MÜLLER, R.; WIESNER, H. Teaching quantum mechanics on an introductory level. *American Journal of Physics*, New York, v.70, n.3, p.200-209, mar.2002.
- OFUGI RODRIGUES, C. *Inserção da teoria da Relatividade no Ensino Médio: uma nova proposta*. Tese de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 2001.
- OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". *Investigações em ensino de ciências*, vol. 5, n. 1, Porto Alegre, 2000. (página eletrônica)
- OSTERMANN, F., PUREUR, P. Temas atuais de física: Supercondutividade. *Livraria da Física*, São Paulo, 2005.
- OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M., CAVALCANTI, C.J.H. Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v.16, n.3, p.267-286, dez. 1999
- PESSOA Jr., O. (org.). *Fundamentos da Física 1- Simpósio David Bohm*. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2000.
- PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*, Pietrocola, M. (org). Editora da UFSC/INEP, Florianópolis, 2001.
- _____. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol.4, n.3, Porto Alegre, 1999. (página eletrônica)
- RICARDO, E., SLONGO, I. e PIETROCOLA, M., A Perturbação do Contrato, Didático e o Gerenciamento dos Paradoxos, . *Investigações em Ensino de Ciências*, vol.8, n.2, Porto Alegre, 2003. (página eletrônica)
- STANNARD, R. Modern physics for the young. *Physics Education*, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, May 1990.
- TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.
- VEIT, E. A. & THOMAS, G. & FRIES, S. G. & AXT, R & SELISTRE, L. F. O efeito fotoelétrico no ensino médio via microcomputador. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol. 4, nº2: p. 68-88, Florianópolis, ago. 1987.