

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**INSTITUTO DE FÍSICA
CAIXA POSTAL 20516
01498 - SÃO PAULO - SP
BRASIL**

PUBLICAÇÕES

IFUSP/P-888

**GÊNESE E EVOLUÇÃO DE UM GRUPO DE
PESQUISA SOBRE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS:
CONSTRUTIVISMO NA PESQUISA**

J.L.A. Pacca e A. Villani

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Fevereiro/1991

**GÊNESE E EVOLUÇÃO DE UM GRUPO DE PESQUISA SOBRE CONCEPÇÕES
ALTERNATIVAS : CONSTRUTIVISMO NA PESQUISA**

J.L.A.Pacca⁺ ; A.Villani⁺ . Instituto de Física da USP

INTRODUÇÃO

Da constatação dos erros dos estudantes até a elaboração de pesquisas sobre os processos e estratégias pedagógicas que podem levar à mudança conceitual, há um caminho a percorrer que é complexo e muito interessante para ser investigado.

Alguns grupos de pesquisa sobre concepções alternativas, após encontrarem resultados interessantes sobre o modo de pensar dos estudantes, estão atualmente preocupados com o ensino e as modificações possíveis que possam advir na prática do professor. O tema das concepções alternativas constituiu sem dúvida uma das mais profícuas linhas de pesquisa nos últimos quinze anos na área de educação científica; certamente seria interessante analisar a evolução de tais pesquisas, desde os primeiros trabalhos franceses (Viennot, 1974; Tiberghien, 1976) até os mais recentes sobre mudança conceitual.

A análise da evolução do trabalho de um grupo de pesquisa que tenha se dedicado a esse tema com continuidade, incluindo eventuais mudanças de perspectiva, poderá contribuir para o entendimento da questão de transferir para sala de aula os resultados das pesquisas em ensino de

⁺Com auxílio parcial do CNPq.

ciências, em particular as que tratam das concepções alternativas dos indivíduos e das mudanças conceituais.

Consideramos que se a análise for feita mediante uma reconstrução interna dos próprios pesquisadores, rapidamente teremos material interessante não só para caracterizar a história dessa área de pesquisa mas também para compreender melhor o processo de mudança conceitual.

Uma leitura a posteriori da evolução desses trabalhos e da mudança na preocupação dos pesquisadores e professores revela características de procedimentos que merecem ser consideradas e cuja análise pode mostrar algumas constantes e algumas etapas específicas de colocação do problema; este de modo geral, após a fase dos grandes Projetos, passa para uma questão essencialmente epistemológica, voltando à questão essencialmente pedagógico-prática.

No interior desse movimento global da pesquisa da área cada grupo tem tido uma evolução própria marcada por fases específicas e eventuais conflitos e rupturas. O presente trabalho procura descrever e interpretar a evolução de um grupo de pesquisa em Ensino de Física da Universidade de S.Paulo.

A GÊNESE DAS PESQUISAS EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A preocupação com o ensino de ciência já é velha mas nos últimos trinta anos começou uma tendência explícita por parte de grupos de professores e pesquisadores para dar solução à falta de eficiência e à má qualidade do ensino. A

solução logo vislumbrada para resolver o problema, já no final dos anos 50, foi a elaboração de Projetos de Ensino, alguns incorporando a moderna tecnologia educacional e os novos meios de comunicação áudio-visual. Tratava-se de levar para a sala de aula novos recursos didáticos que, na interação com os estudantes, promovessem um ensino bom e eficiente. Defasada de uma década, essa proposta apareceu na América do Sul e no Brasil, em particular.

Na década de 70 foram concluídos vários projetos de Ensino nacionais, alguns deles dentro de grandes Universidades Brasileiras. Alguns docentes universitários juntamente com professores do 2º grau e com especialistas em comunicação participaram desse trabalho. Reconhecendo as dificuldades reais que se mostravam no ensino de física de modo geral, passaram a dedicar-se à produção de material instrucional, a partir de conhecimentos sobre o ensino da disciplina baseados mais na competência científica, experiência no magistério e na sensibilidade para com as relações pedagógicas.

Diante de tarefas desse tipo é fácil constituir-se um grupo que trabalha coerente com um determinado objetivo, geralmente bastante amplo e importante para deixar de lado maiores divergências ideológicas, estilos de trabalho, concepções de física e de ensino de física, ao mesmo tempo dando lugar para as diversas aptidões e competências dos integrantes individualmente. A medida que se desenvolve o trabalho, alguns problemas são gerados, discutidos e

solucionados parcialmente, a ponto de permitirem o prosseguimento do projeto; o fato de se ter no produto final o objetivo concreto do trabalho faz com que muitos dos problemas surgidos não tenham tempo para serem mais digeridos e melhor compreendidos. Os Projetos foram para a sala de aula mas os resultados esperados não se concretizaram.

A necessidade de se pesquisar o ensino de física assim como de elaborar materiais instrucionais, partiu, não há dúvida, de problemas reais de ensino em todos os níveis. Entretanto, a concentração em Projetos, como forma de atacar as dificuldades, era uma maneira de tratar problemas amplos e variados num determinado nível de ensino, limitando-se a aperfeiçoar o desenvolvimento do conteúdo da disciplina e utilizar formas de comunicação e metodologias modernas. A hipótese básica implícita neste enfoque era a do aluno moldável proporcionalmente à qualidade do produto produzido.

Porque os Projetos não foram suficientes para resolver os problemas de ensino? Alguns deles tinham qualidade reconhecida, primando pela correção do conteúdo, precisão de linguagem, rigor científico, apresentação de experimentos significativos além de contarem com especialistas respeitáveis entre a equipe de autores. Alguns Projetos como por exemplo o famoso PSSC, incluíam até mesmo cursos de treinamento de professores.

A beleza do novo enfoque era logo reconhecida pelos professores que procuraram utilizar o material mas as

dificuldades na aplicação apareceram imediatamente.

Foi também o que aconteceu ao término de alguns Projetos no Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Paralelamente ao trabalho de produção de materiais instrucionais começou em 1973 um curso de pós-graduação em ensino de física, que envolvia as mesmas pessoas. Neste programa começaram a se realizar trabalhos individuais de avaliação dos projetos que, em princípio, visavam um ensino mais eficiente, mas cuja interpretação de tal eficiência era deixada em aberto; conseqüentemente cada pesquisa escolheu como, quando e o que considerar como indicadores dessa eficiência, contribuindo para definir linhas de pesquisa que começaram a se organizar em torno de trabalhos de natureza bastante diferente da produção de um projeto.

A produção de um Projeto não é geralmente um trabalho de pesquisa acadêmica mas pode certamente gerar muitos deles, principalmente quando se volta atrás para investigar aquelas divergências passageiras e aparentemente irrelevantes que haviam sido deixadas de lado.

O processo de elaboração dos Projetos tinha, de fato, esquecido um fator importante representado pelo próprio aluno; o conhecimento prévio ou espontâneo relativo à disciplina, o processo de construção do conhecimento e as condições para ocorrer a aprendizagem não tinham sido satisfatoriamente considerados. Os cursos para treinamento de professores aplicadores, que logo se mostraram necessários, revelaram outros fatores, além do enfoque da

correção e do rigor do conteúdo, compondo o quadro das condições globais em que deveria ocorrer a aprendizagem desejada. Alguns desses fatores agora revelados começavam a ficar mais claros quanto à importância em todo o processo de ensino e aprendizagem; o conhecimento e o modo de conhecer do aluno, além da interação pedagógica e dos recursos didáticos passaram a se constituir em objetos de investigação. Essa nova preocupação levou-nos a lançar mão de um instrumento que desse acesso ao conhecimento dos indivíduos a partir do discurso explícito.

A análise de conteúdo mostrou-se um instrumento poderoso para pesquisar as concepções dos indivíduos, implícitas, por exemplo, no discurso específico de resolução de problemas (Hosoume 1978). Essa metodologia, bastante utilizada nas ciências humanas, parecia também adequada para extrair informações sobre as relações que se estabelecem entre indivíduos dentro de um determinado sistema institucional, por exemplo, entre o professor e os alunos na sala de aula. A partir de 79 o grupo se reuniu tendo como objetivo realizar uma análise das relações pedagógicas e institucionais implícitas no discurso de professores e estudantes no primeiro ano da Universidade (Villani 1982).

Logo em seguida o grupo entrou em contato com a temática das concepções espontâneas através do trabalho de tese de Viennot (1977) e a adotou rapidamente como campo de aplicação de sua metodologia: esperava-se que, através da elaboração de categorias e dimensões adequadas fosse

possível articular as características gerais e específicas da visão dos estudantes brasileiros sobre força e movimento.

Esta fase do nosso trabalho buscava dados significativos de maneiras de pensar e a possibilidade de articular e interpretar tais dados em busca de alguma totalidade. A escolha das concepções espontâneas e das relações institucionais como objeto de pesquisa encontrava apoio na semelhança do método de análise e na expectativa de encontrar informações cruciais na caracterização do processo de ensino e aprendizagem.

OS PRIMEIROS RESULTADOS E OS TRABALHOS PARALELOS

A visita de Viennot no início de 1981 contribuiu para consolidar o tema das concepções espontâneas como linha de trabalho do grupo e para divulgá-lo mais efetivamente no Brasil; além de favorecer uma melhor compreensão do conteúdo e do método de trabalho desenvolvido pelo grupo de Paris VII, nos permitiu entrar em contato com a literatura mais recente da área.

Os erros dos estudantes, vistos anteriormente como fortes indicadores de uma aprendizagem indesejável, mostravam de fato alguma articulação e, mais do que isso, pareciam ter sentido para o sujeito na medida em que, para ele, constituíam explicações da realidade. Esperava-se que conhecendo a "teoria" dos estudantes com mais detalhes, fosse mais fácil elaborar estratégias de ensino capazes de favorecer a aprendizagem.

Um dos primeiros resultados interessantes

encontrados na tentativa de caracterizar melhor as concepções sobre força e movimento, foi a articulação das relações entre força, velocidade e aceleração (Villani 1982) numa espécie de triangulação que misturava duas relações espontâneas (a proporcionalidade entre força e velocidade e entre velocidade e aceleração) e uma relação newtoniana (entre força e aceleração). Um outro trabalho interessante, também realizado durante esta primeira fase, foi o desenvolvimento do modelo alternativo de Cinemática de Saltiel (1980), mediante a incorporação da noção de tempo e a caracterização dos referenciais "privilegiados" (Hosoume 1986).

Estes resultados, junto com outros encontrados na literatura, foram interpretados como uma sugestão de que a articulação existente entre as idéias espontâneas seria uma fonte significativa de resistência em relação as tentativas de introdução das noções científicas na escola e que tal resistência se manifestaria não somente como uma rejeição pura e simples, mas também como uma adaptação superficial do novo conteúdo às idéias espontâneas anteriores.

A idéia de que os erros são construções e explicações da realidade, embora incompletas e incorretas do ponto de vista científico, nos levou a buscar informações sobre a aprendizagem e os processos de construção de conhecimento; escolhemos estudar e trabalhar com a teoria piagetiana sobretudo no que se refere a construção do conhecimento físico (Piaget 1973) e a equilibração das

estruturas cognitivas (Piaget 1976a).

A análise baseada na teoria de Piaget, das provas escritas de física dos candidatos ao Vestibular (Pacca 1983) constituiu um trabalho no qual se tentou encontrar indicadores das influências das estruturas mentais na resolução de problemas simples, mas evitando uma correspondência direta entre tipo de resposta e nível operatório (Piaget 1976b). O trabalho constituiu deste ponto de vista, a primeira tentativa concreta (pelo menos no Brasil) de separação entre as conceituações físicas dos estudantes e as suas estruturas operatórias, sem negar a influência recíproca.

Neste mesmo período concluiu-se o trabalho sobre as relações pedagógicas num curso básico de Física, delineando-se um quadro interessante sobre as concepções e os valores científicos e pedagógicos de professores e estudantes implícitos em seus discursos (Kishinami 1983). A multiplicidade das idéias e das propostas de ambos parecia na realidade brotar de uma visão comum articulada e coerente.

Do ponto de vista da evolução do grupo esta primeira fase nos parece revelar alguns elementos importantes. Em primeiro lugar o fortalecimento da prática artesanal de análise qualitativa e, em ressonância com ela, o sucesso local das pesquisas, que sempre conseguem produzir alguma relação nova de caráter prevalentemente fenomenológico. Em segundo lugar, a busca de um suporte

teórico condicionada pela fidelidade ao enfoque fenomenológico; tal condicionamento aparece evidente pela tendência a adaptar a "teoria" aos resultados, como no caso do abandono da hipótese da influência cultural nas concepções dos estudantes ou da relação estreita entre concepções físicas e estruturas mentais. Isso não significa uma negação da influência da teoria na seleção dos dados significativos, mas somente salienta o apego maior do grupo aos resultados fenomenológicos durante esta fase. O aprofundamento dos suportes teóricos constituirá uma das características principais das fases seguintes; a dificuldade em realiza-lo na área sociológica talvez seja uma das razões mais significativa da falta de continuidade na pesquisa sobre as relações institucionais.

A EXPANSÃO AUTÔNOMA DO GRUPO

A participação no Workshop de La Londe (1983) praticamente conclui uma fase de consolidação da linha de pesquisa e abre uma nova fase de produção mais original. Três semanas de discussões intensas, cursos, seminários sobre o tema das concepções alternativas, além de semear várias idéias que serão objeto de reflexão e de reelaboração, constitui a tomada de consciência de um conhecimento que já tinha alcançado uma estabilidade e profundidade necessária para uma maior autonomia.

Admitir que os erros dos estudantes constituíam explicações alternativas para dar conta de fenômenos reais e de suas relações causais fez com que se procurasse articulá-

los em sistemas explicativos mais globais. A existência de tais sistemas encontra apoio na teoria de Piaget e Garcia e deveria ter indícios nas concepções alternativas que se encontravam nas pesquisas.

Dois subprojetos praticamente iniciam neste momento; de um lado a investigação dos efeitos das concepções alternativas sobre conteúdos mais complexos (fenômenos relativísticos e colisões), que envolvem mais de um princípio físico e com populações altamente escolarizadas (estudantes de pós-graduação); de outro lado a exploração das potencialidades da teoria piagetiana sobre construção do conhecimento físico para interpretar e aprofundar o significado das concepções espontâneas, tendo como hipótese básica a diferenciação e interferência entre o desenvolvimento das estruturas operatórias e a construção das estruturas causais.

O primeiro subprojeto levou ao reconhecimento da presença marcante de concepções alternativas, articuladas em modelos muito semelhantes aos encontrados em populações menos escolarizadas e com conteúdos mais simples. Concepções sobre as grandezas cinemáticas, caracterizadas pela persistência de quantidades absolutas eram facilmente utilizadas pelos estudantes de pós-graduação para resolver qualitativamente problemas envolvendo noções relativísticas (Villani 1987), repetindo noções encontradas em populações bem menos escolarizadas (Hosoume 1986) ; analogamente os vários modelos de transmissão do movimento utilizados

sobretudo nas questões mais complexas (Villani 1990a) constituíam sofisticções das idéias utilizadas por estudantes de 1º e 2º graus (Mariani 1987).

Um traço comum dos trabalhos sobre velocidade da luz e colisões foi a tendência dos estudantes a atribuir propriedades absolutas às noções físicas, a regredir para modelos mais primitivos na presença de questões mais sofisticadas e a "revestir" as concepções alternativas de uma linguagem científica (Villani 1986).

Tais resultados nos convenceram em primeiro lugar que as concepções alternativas encontradas nos estudantes não podem ser interpretadas como efeito de um ensino escassamente aplicado, face a prolongada e especializada formação dos estudantes entrevistados e em segundo lugar que a mudança conceitual (Posner 1982) não pode ser pensada como um processo nem linear, nem rápido, mas sim caracterizada por regressões, limiares e outros fenômenos complexos.

O segundo subprojeto teve como produtos significativos as teses originais de mestrado de J.Saraiva (1987) e M.C.Mariani (1987) e de doutorado de S.K.Teixeira (1989). Para Saraiva as concepções alternativas são modelos de explicação causal nos quais a relação necessária que a define é estabelecida a partir de experiências muito limitadas e dentro de concepções parciais da realidade.

Mariani a partir da análise das respostas de estudantes de 1º e 2º graus e início do 3º grau sobre

colisões, estabelece uma série de modelos de transmissão de movimento cuja evolução com a idade escolar dos estudantes tem uma correspondência significativa com a evolução das operações mentais; o efeito da utilização das operações mentais superiores seria, então, um progressivo refinamento e articulação das relações espontâneas.

Finalmente Teixeira estuda a evolução dos modelos espontâneos acerca do conceito de peso, através de entrevistas e de respostas a questões escritas de estudantes de 1.º e 2.º graus. O resultado também é interpretado como uma evolução de explicações mais primitivas para mais sofisticadas paralelos ao crescimento do nível escolar.

Com estes dois subprojetos esperava-se encontrar uma idéia fundamental comum, que constituísse a matriz das concepções alternativas em diferentes conteúdos da física. Esta expectativa, de alguma forma sugerida pela necessidade de encontrar uma estrutura conceitual alternativa coerente, tornou-se progressivamente mais remota, na medida que os resultados eram encontrados. O efeito dessa "decepção" foi uma mudança no objetivo da pesquisa. Se era infrutífero procurar uma continuidade no nível das idéias básicas, talvez essa continuidade pudesse ser encontrada no nível dos procedimentos e dos tipos de raciocínios. A sofisticação das concepções com a idade escolar em paralelo com o desenvolvimento de estruturas causais foi a resposta "piagetiana" e a tendência comum no tratamento das grandezas físicas que leva a considera-las absolutas ou regredir para

modelos mais simples foi a resposta fenomenológica inicial à esta expectativa. O contato com o trabalho de Viennot (1989) reforçou a tendência a descobrir nas respostas dos estudantes de pós-graduação, sobre velocidade da luz e colisões, maneiras de raciocínio comuns (Villani 1990b) diferentes das idéias científicas sobre as grandezas envolvidas. Pudemos encontrar manifestações do raciocínio direto, utilizando uma fórmula, mesmo quando ela é incapaz de fornecer respostas adequadas, do raciocínio monoconceitual, reduzindo as situações à dependência de uma única variável e do raciocínio causal linear que tende a linearizar temporalmente os efeitos de feed-back.

Ao mesmo tempo que se discutiam novas maneiras de interpretar as concepções dos estudantes, as tentativas de "levar para sala de aula" os resultados das pesquisas se intensificavam; esse passou a ser o refrão repetido em todo o mundo. Logo ficou claro que não era uma simples transferência de local (dos centros de pesquisa para a escola) mas tratava-se de uma questão bem mais complicada de promover uma mudança conceitual.

Nossos estudos sobre a teoria de Piaget/Garcia e sobre a História da Ciência caracterizada por uma sucessão de mudanças conceituais apontava nessa direção. Dentro do grande tema da mudança conceitual pesquisávamos então os modos alternativos de pensar, tentando localizar os conteúdos problemáticos e críticos que a ciência apresentava para a compreensão dos estudantes; com isso procurávamos as

estratégias de ensino adequadas para a construção do conhecimento científico.

A exposição sintética e a comparação das várias interpretações post-positivistas sobre o confronto entre o desenvolvimento da teoria do éter de Lorentz e a teoria da relatividade de Einstein (Villani 1985a) constituiu uma reflexão mais detalhada sobre as teses referentes às revoluções científicas e sobre as mudanças complexas nelas envolvidas, mas se tornou também a ocasião para uma compreensão do enraizamento histórico e da persistência das idéias de espaço e tempo absolutos.

Todos estes resultados parecem nos convencer que o efeito da evolução das estruturas mentais e de seu uso atualizado não se manifesta como uma aproximação das concepções dos estudantes ao saber disciplinar, mas como uma progressiva sofisticação e articulação da concepção espontânea. Dessa forma, a superação própria do conhecimento espontâneo não poderia ser pensada como um efeito natural do aprimoramento dos recursos operatórios (Pacca 1989), mas deveria envolver algum tipo de intervenção externa, por exemplo nos moldes propostos por outros pesquisadores sobre estratégias de ensino (Rowell 1985).

Nosso modo de conceber a aprendizagem, dirigindo-se para o processo de construção do conhecimento mostra a importância da interação do sujeito com o objeto do conhecimento. A consideração deste novo aspecto será essencial para utilizar em sala de aula as informações

obtidas nas pesquisas. Assim, focalizamos nossa atenção sobre o papel do professor

FORMAÇÃO DE PROFESSORES E MUDANÇA CONCEITUAL

Nossa interação com professores de física do segundo grau, depois dos cursos de treinamento que acompanhavam os Projetos, fez-se através de artigos de divulgação (Villani 1985a, b) e informações de publicações específicas; progressivamente orientou-se para uma teorização do problema da formação do professor (Villani 1986). Numa proposta concreta de currículo de Licenciatura (Villani 1988 e 1989) a visão sobre o ensino da física se caracterizava por alguns pressupostos essenciais: na competência do professor que podiam ser assim expressos: domínio do conteúdo disciplinar; consciência das concepções alternativas provavelmente presentes entre os estudantes; noções da evolução dos conceitos ao longo da história da ciência e do papel da experiência e da teoria na construção dos conceitos; habilidades para comunicação em sala de aula.

A focalização na formação do professor representa uma mudança essencial na concepção de ensino e aprendizagem em relação à da produção dos Projetos, entretanto alguns dos pressupostos necessários no processo de formação do professor começaram a suscitar novas dúvidas quanto a sua natureza e adequação à aprendizagem: as concepções dos estudantes e as estratégias em sala de aula.

O conjunto de trabalhos reunidos até então, procurando dar conta das condições de realização de mudança

conceitual nos levaram a levantar questões e refletir sobre os dados que representavam as formas de conhecer do aluno e as estratégias para atuar sobre esse conhecimento, modificando-o.

Sempre voltando ao nosso objeto de partida, constituído pelo aluno, no que ele sabe e no que deve aprender, redirecionamos nossa pesquisa, a partir de discussões com as professoras Grimellini e Pecori da Universidade de Bologna que estiveram em visita ao nosso grupo no início de 1987, para questões metodológicas da pesquisa e questões de estratégia em sala de aula.

Começamos um trabalho de questionamento da metodologia utilizada e sua adequação aos resultados que procurávamos. Junto com o grupo de Bologna projetamos uma pesquisa cujo objeto era o próprio instrumento de análise que se caracterizava pela construção de um quadro de categorias capaz de agrupar e dar sentido a dados qualitativos (Pacca 1990). Ao mesmo tempo foi programado um estágio de um dos membros do grupo em Bologna para a realização de um experimento que visou promover a mudança conceitual de estudantes de 2º grau italianos sobre o tema das colisões e das leis de conservação (Grimellini 1988). O resultado do experimento foi extremamente interessante, quanto às informações sobre os mecanismos de desenvolvimento intelectual, e de certa forma surpreendente, quanto a escassa eficácia das estratégias de ensino em promover uma mudança conceitual significativa (Grimellini 1989).

O primeiro projeto partiu de questões já utilizadas em pesquisas anteriores para obtenção de dados acerca dos modos de pensar dos estudantes. Entretanto procuramos olhar esses dados com um instrumento de análise que permitisse descontextualizar os dados, ao menos em parte, partindo de uma rede única de categorias independente da forma e diferenças de situações físicas dos problemas. Com isto tentamos centrar mais a investigação no próprio aluno, procurando resultados que independam tanto quanto possível da concepção científica já estabelecida.

O segundo projeto é uma tentativa de compreender e promover processos de mudança conceitual. A reflexão sobre o resultado global da experiência, sobre as informações recolhidas durante o curso e sobre as dificuldades encontradas pelos estudantes na aprendizagem das leis de conservação (Villani 1990c) desencadeou um processo de revisão da conceituação de mudança conceitual, cujo resultado final foi elaborado a partir de uma analogia sistemática com o processo de mudança conceitual na história da Ciência (Laudan 1977).

Em síntese a idéia de que a mudança conceitual pudesse ser caracterizada como a passagem de uma rede conceitual espontânea, articulada e bastante definida, para uma nova rede de concepções acreditadas, foi ampliada (Villani 1990d) para incluir de maneira geral a mudança de um modo espontâneo para um modo disciplinar de ver e lidar intelectualmente com os fenômenos naturais. Isso significa

que durante o processo vai se realizar não somente a mudança de concepções e relações, mas também de modos de raciocínio, exigências intelectuais, valores epistemológicos e finalidades.

AS PERSPECTIVAS ATUAIS

A convicção de que uma mudança conceitual constitui um processo complexo e amplo nos levou a projetar um Programa de Atualização de professores, ora em desenvolvimento. O objetivo geral é produzir uma mudança conceitual de ensino e aprendizagem de física que passe pela conscientização do professor de sua responsabilidade multifacetada na condução dos trabalhos em sala de aula.

Tal mudança conceitual pode ser favorecida e implementada ao se lidar com professores em serviço; a perspectiva profissional de melhoramento da prática docente é suporte motivacional para que ele se envolva num processo de atualização caracterizado por um esforço prolongado; o professor é o elemento central do processo e se procura partir rigorosamente da sua concepção atual para dar andamento ao programa com atividades adequadas à situação apresentada e que visem um objetivo final específico do professor de física em sala de aula.

Esse trabalho vem sendo acompanhado por observação sistemática, discussões regulares sobre as atividades passadas e sobre o passo seguinte, relatos em geral e registros escritos de todos os participantes e dos coordenadores. A idéia central da atualização é criar

condições para que o professor se engaje num processo de busca pessoal a fim de progressivamente tornar mais significativa, organizada e eficiente sua prática cotidiana em sala de aula.

Os trabalhos mais recentes sobre mudança conceitual constituem o fechamento de um longo ciclo com a volta à preocupação específica inicial: como melhorar efetivamente a aprendizagem dos alunos. Na década de 70 pensava-se que a solução fosse fazer projetos "à prova de professor", a perspectiva atual é dupla: de um lado elaborar projetos de atualização de professores que os tornem capazes de lidar com qualquer tipo de alunos e do outro lado pesquisar diretamente estratégias individuais que favoreçam a mudança conceitual dos alunos.

O primeiro projeto, em andamento há um ano, tem como idéia básica a elaboração, por parte dos professores, de um planejamento escolar inicialmente restrito e progressivamente mais abrangente, que os leve a modificar a concepção de ensino e aprendizagem. As dificuldades encontradas são múltiplas (Villani 1991) e se referem ao escasso domínio do conteúdo disciplinar, de sua metodologia e de seus raciocínios rigorosos assim como às resistências ao chamado "planejamento escolar" e à perspectiva construtivista no ensino. Tais dificuldades parecem ter como base duas barreiras profundas: a racionalidade teórica do conhecimento científico, bem diferente dos mecanismos de conhecimento do senso comum e a complexidade articulada da

prática docente profissional, bem diferente da sequência linear característica da visão amadora.

O segundo projeto, mais recente, pretende acompanhar um número limitado de casos individuais procurando recursos e condições didáticas que eliminem ou ao menos reduzam as dificuldades encontradas pelos estudantes na aprendizagem dos princípios da Mecânica. Em particular pretende focalizar a perspectiva do aluno frente ao laboratório e às experiências práticas e o papel destes recursos na articulação da aprendizagem dos estudantes.

As informações referentes aproximadamente há quinze anos de trabalhos constituem um material precioso para um entendimento da evolução das idéias do grupo; numa análise desse percurso quatro pontos se destacam como as vigas mestras do processo e podem fornecer pistas para as aplicações didáticas.

1- O papel estabilizador da metodologia de análise qualitativa. Os componentes do grupo encontraram e mantiveram ao longo do processo praticamente a mesma metodologia de trabalho; nos parece demasiadamente simplista atribuir esta perseverança ao fato de que tal procedimento levava a resultados. Seria mais adequado dizer que os resultados satisfaziam o grupo; provavelmente a satisfação encontrava o seu maior respaldo na ressonância entre as estratégias cognitivas pessoais dos pesquisadores, o método de análise e o caráter sempre parcialmente hipotético das conclusões atingidas.

2- O papel complexo das hipóteses teóricas, que parecem ter funcionado em dois trilhos paralelos. De um lado as teorias oficiais (a epistemologia piagetiana e as idéias sobre mudança conceitual na história da ciência) que constituíam os pontos de partida e também de chegada das investigações; de outro lado a "teoria" implícita, não completamente articulada e fechada, que os pesquisadores realmente utilizavam no dia a dia da pesquisa e que parece ter sido construída e consolidada ao longo do processo de mudança, criando progressivamente mais vínculos na interpretação dos dados e na interpretação das teorias oficiais.

3- O papel também complexo dos dados fenomenológicos que funcionavam em duas etapas: constituíam a fonte imediata e direta das reflexões e da elaboração dos pesquisadores e constituíam também uma espécie de despensa permanente fornecedora de exemplos e contra-exemplos, frente as novas tentativas de interpretação.

4- Finalmente o papel importantíssimo do sucesso local das investigações. É possível detetar dois tipos de sucessos: o direto, quando uma hipótese era confirmada e o indireto, quando frente a uma expectativa frustrada conseguia-se encontrar as razões do conflito. Em outras palavras, a confirmação de idéias que conseqüentemente assumiam um papel progressivamente mais central, derrubando ou minando a plausibilidade de outras idéias, e a solução de conflitos que freavam a expansão de determinadas hipóteses.

e reorientavam o processo teórico para outros rumos.

PORQUE "CONSTRUTIVISMO NA PESQUISA" ?

O percurso deste grupo repete em parte o percurso de um aluno que está aprendendo física. Parte de uma meta distante e se coloca objetivos próximos que procura atingir julgando que está na direção da meta maior. Vai conseguindo galgar algum trecho e redirecionando sua rota quando percebe que se desvia ou quando descobre nuances mais ricas e interessantes que antes não eram vislumbradas.

A meta desconhecida começa a tomar forma e o sujeito que a persegue aumenta sua capacidade de analisá-la e de compreendê-la, fazendo novas perguntas e encaminhando novas soluções. Alguns impecilhos aparecem neste trajeto e são contornados na medida do possível.

Mas a meta continua lá, como se nunca pudesse ser completamente desvendada, mas constituindo um grande desafio para quem a procura. Para nós ela é o ensinar a física que, em diferentes etapas, foi traduzida em objetivos concretos, superados e reelaborados. Sobre "ensinar a física" não existe uma única concepção e, mesmo considerando que são várias, não estão claramente definidas ou caracterizadas. A elaboração é fruto de muitas hipóteses e respaldada em teorias mais gerais sobre o que se consideram ingredientes indispensáveis do processo de ensinar. Para o aluno, a meta é a física, com a diferença que alguém sabe qual é a física e como ela se caracteriza.

É nessa pequena diferença que está um grande

problema. Enquanto uma pesquisa pode ser "construtivista", traçando seus caminhos na procura do conhecimento, o ensino escolar limita este caminho e a escalada do aluno que tenta construir seu conhecimento.

Nossas primeiras fases de trabalho de pesquisa revelam a falta de clareza sobre o processo de ensinar e sobretudo de aprender. A trajetória realizada encaminhou-nos para o trabalho do professor na sua interação com os alunos.

Estamos cientes de que são muitos os fatores que intervêm no processo de ensinar e aprender em sala de aula. De certa forma esta situação nos permite trabalhar com o objeto na sua forma mais real possível, tentando compensar nossa ignorância acerca dos múltiplos elementos significativos que o compõem. Contamos com nossa experiência sobre alguns desses elementos e acreditamos que junto com os professores, detentores de informações que se apresentam sob forma de dificuldades para ensinar, poderemos conhecer e aprofundar um pouco mais as questões referentes às estratégias de ensino capazes de promover a aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

- Grimellini, T. M.; Pecori, B. B.; Casadio, C.; Villani, A. - 1988 - Strategie di Insegnamento e Cambiamento Concettuale: il Caso degli Urti in Meccanica - Atti VII Convegno G.N.D.F. pp 111-142 Pavia.
- Grimellini, T. M.; Pecori, B.B.; Villani, A.; Casadio, C.; Pacca, J.L.A. - 1989 - Teaching Strategies and Conceptual Change: The Case of Collisions in Mechanics- Paper presented at Annual Meeting of A.E.R.A. S.Francisco.
- Hosoume, Y. - 1978 - Um Instrumento e um Método de Análise de um Curso Básico de Física - Dissertação de Mestrado - Univ. de S.Paulo
- Hosoume, Y. - 1986 - Proposta de um modelo espontâneo do movimento - Tese de Doutorado - Univ. S.Paulo
- Kishinami, R.I. - 1983 - Análise das Relações Institucionais em um Curso Básico de Física - Dissertação de Mestrado - Univ. S.Paulo
- Laudan, L. - 1977 - Progress and Its Problems - Univ. California Press .
- Mariani, M.C. - 1987 - Evolução das Concepções Espontâneas sobre Colisões - Dissertação de Mestrado- Univ. de S. Paulo.
- Posner G.J., Strike E.A.; Hewson E.W.; Gertsog W.A. - 1982 Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change - Science Educ. V. 66 pp. 211-227
- Pacca, J.L.A. - 1983 - O Perfil dos Candidatos ao Vestibular da FUVEST - Tese de Doutorado. Univ. S.Paulo.
- Pacca, J.L.A.; Saraiva, J.A.F.- 1989 - Causalidad y Operaciones en la interpretación de las concepciones espontâneas - Enseñanza de las Ciencias V. 7 pp.266-270.
- Pacca, J.L.A.; Villani, A. - 1990 - Categorias de Análise nas Pesquisas sobre Conceptos Alternativos - Rev. Ens. Física V. 10 pp. 123-138.
- Piaget, J.; Garcia, R. - 1973 - Las Explicaciones causales - Barral Editores. Barral Editores. Barcelona.
- Piaget, J. - 1976a - A Equilibrção das Estruturas cognitivas - Zahar Editores. Rio de Janeiro.

- Piaget, J.; Inhelder, B. - 1976b - Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente - Livraria Pioneira Editora. S. Paulo.
- Rowell, J.A.; Dawson, C.J. - 1985 - Equilibration, Conflict and Instruction: A New Claass-oriented Perspective - Eur. Jour. Sci. Educ. V. 7 pp. 331-344.
- Saltiel, E.; Malgrange, J.L. - 1980 - Spontaneous ways of reasoning in Elementary Kinematics - Eur. Jour. Phys. V. 2 pp. 73-80.
- Saraiva, J.A.F. - 1987 - A Teoria de Piaget como Sistema de Referência para a Compreensão da "Física Intuitiva" - Dissertação de Mestrado -Univ. S.Paulo.
- Teixeira, S.K. - 1989 - A Atribuição de Causalidade na Construção do Conceito de Peso - Tese de Doutorado. Univ. S.Paulo .
- Tiberghien, A.; Delacôte, G. -1976- Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 à 12 ans. Rev. Franç. Péd. V.34 pp 32-34
- Viennot, L. - 1974 - Sens physique e raisonnement formel en dynamique élémentaire- Bull.Soc. Franç. Phys.- Enc.Péd. V.2 pp. 35-46
- Viennot, L. - 1977 - Le Raisonnement spontané en dynamique élémentaire - Thèse. Univ. Paris VII
- Viennot, L. - 1989 - La Didactica en la enseñanza superior. Para qué? - Enseñanza de las Ciencias V. 7 pp. 3-13.
- Villani, A.; Kishinami, R.I.; Hosoume, Y.; Pacca, J.L.A. - 1982 - Analisando o Ensino de Física: Contribuições de Pesquisas com Enfoques Diferentes - Rev. Ens. Física V. 4 pp.125-150.
- Villani, A. - 1985a - A Visão Eletromagnética e a Relatividade - Rev. Ens. Física V. 7(1) pp. 51-72 e V. 7(2) pp.36-73
- Villani, A.; Pacca, J.L.A.; Hosoume, Y. - 1985b - Concepção Espontânea sobre Movimento - Rev. Ens. Física V. 7(1) pp. 37-45
- Villani, A. - 1986 - Conteudo Científico e Problemática Educacional na Formação do Professor de Ciência - Tese de Livre Docência - Univ. S.Paulo.
- Villani, A.; Pacca, J.L.A. - 1987 - Students' Spontaneous Ideas about the Speed of Light - Int. Jour. Sci. Educ. V. 9 pp. 55-66.

- Villani, A. - 1988 e 1989 - O Currículo de Licenciatura em Física - Rev. Ens. Física V. 10 pp. 153-162 e V. 11 pp. 148-168.
- Villani, A.; Pacca, J.L.A. - 1990a - Conceptos Espontaneos sobre colisiones - Enseñanza de las Ciencias V. 8 pp.238-243.
- Villani, A.; Pacca, J.L.A. - 1990b - Spontaneous Reasoning of Graduate Students - A ser publicado em Int. Journal of Science Education.
- Villani, A.; Pacca, J.L.A.; Grimellini, T.M.; Pecori, B.B. - 1990c - Collisions and the Learning of Conservation Principles in Mechanics - Versão Provisória IFUSP.
- Villani, A. - 1990d - Conceptual Change in Science and Science Education - Submetido a Science Education.
- Villani, A.; Pacca, J.L.A.; Bodião, I.; Gadioli, N. - 1991 - Dificuldades e Barreiras num Curso de Atualização de Professores de Física - Em preparação IFUSP.