
AS DIFICULDADES DE UMA PROFESSORA INOVADORA

*A. Villani*¹

Instituto de Física – USP

*M. Polido Ferreira*²

Instituto de Física e Faculdade de Educação – USP

São Paulo – SP

Resumo

São relatadas as atividades desenvolvidas durante um curso de Física para o segundo grau, que pretendia ensinar as Leis de Newton. Os resultados, em parte surpreendentes, são interpretados com base na relação ‘transferencial’ entre alunos e professora. Como conclusão provisória são desenvolvidas algumas considerações pedagógicas mais gerais.

I. Introdução

A construção, por parte de cada estudante, de um conhecimento pessoal, semelhante ao conhecimento científico estabelecido e simultaneamente amarrado com a bagagem cognitiva pessoal (Strike & Posner, 1992), constitui a meta de um ensino coerente com uma visão construtivista. Trata-se de modificar a maneira de interpretar os fenômenos naturais, abandonando, pelo menos no contexto escolar, as explicações espontâneas ou de sentido comum e adotando, de maneira coerente, as explicações aceitas como científicas. Apesar das concepções iniciais e das almejadas serem bastante conhecidas, o processo de mudança é extremamente complexo (Niedderer, 1992; Niedderer & Schester, 1992); nele coexistem fenômenos singulares e não cumulativos, tais como limiares, regressões, rupturas e saltos cognitivos, assim como também fenômenos evolutivos como a extrema dependência entre a estabilidade da aprendizagem dos estudantes e a continuidade no esforço para alcançá-la.

¹ Com auxílio parcial do CNPQ

² Mestranda da Pós-Graduação em Ensino de Ciência (modalidade física)

Mais complexo ainda parece o processo de aprender a conduzir, de maneira adequada, o aluno ao longo deste caminho, pois, apesar de estar suficientemente claro que tipo de atitude deve ser abandonada (impingir ao aluno grande quantidade de informações, achando que, pelo menos em parte, elas serão assimiladas), não estão definidos, de maneira concreta, os detalhes que caracterizam a nova postura a ser adotada pelo professor. Por isso todas as informações, que auxiliem a esclarecer ou a exemplificar em que consiste, de fato, um ensino eficiente e/ou apontar elementos concretos que reduzam sua eficácia, são consideradas importantes.

Neste trabalho relataremos a experiência de uma professora de 2º grau ao tentar inovar seu ensino e torná-lo coerente com uma postura que privilegiava as discussões e as atividades com efetiva participação dos estudantes. Tentaremos evidenciar as pressões externas e internas que ela sofreu, interpretando-as de maneira a aprofundar a natureza da prática exigida pela nova visão de ensino.

Os Dados da Pesquisa

Os dados disponíveis para a elaboração deste trabalho, foram constituídos pelo diário da professora (MA), no qual anotava os eventos por ela considerados significativos, por algumas entrevistas com parte de seus alunos, gravadas em vídeo e parcialmente conduzidas por ela, pelos planejamentos didáticos (o inicial e o efetivamente executado), incluindo as atividades propostas, pelos questionários e avaliações dos estudantes e, finalmente, pelas lembranças da professora sobre a experiência, relatadas em várias discussões e entrevistas após o curso.

Esses dados serão trabalhados seletivamente no sentido de reconstruir o contexto da experiência e os eventos significativos que a caracterizaram. Deles esperamos informações sobre as metas, desejos e mecanismos de decisão de MA e, conseqüentemente, sobre o modo efetivo de trabalhar uma nova metodologia de ensino.

II. O Curso

Neste item inicialmente procuraremos explicitar o contexto da experiência para que adquira maior significado a descrição dos eventos marcantes do curso que queremos interpretar. Trata-se de eventos referentes à prática didática da professora, na qual ela se deparou com situações surpreendentes e, às vezes, desconcertantes, tendo que tomar decisões a respeito.

O Contexto

Na época do início da experiência, MA era professora de física de segundo grau há quase dez anos, exercendo sua atividade numa escola particular da Capital; por estar insatisfeita com sua atuação em sala de aula, estava participando de um curso de

atualização (de aproximadamente 160 horas de interação, distribuídas ao longo de quatro semestres- Pacca, 1994), que visava modificar a prática didática do professor estimulando a elaboração, execução e avaliação contínua do planejamento didático (Pacca & Villani, 1995). Na metade do curso, MA estava com o planejamento sobre as Leis de Newton praticamente pronto, tendo experimentado, com um certo sucesso, algumas das atividades que o compunham. Agora queria executá-lo de forma global e verificar se os resultados, em termos de aprendizagem dos estudantes, eram melhores (esperava bem melhores) do que no passado. Um desentendimento com a direção da escola a obrigou a procurar outro estabelecimento que, embora oferecesse um salário bem menor, aceitava que ela tivesse autonomia para aplicar, durante o primeiro semestre, seu planejamento didático. Por causa deste planejamento, que se referia às Leis de Newton, ela aceitou lecionar numa segunda série do segundo grau, cujos alunos, 36 ao todo, tinham anteriormente estudado unicamente cinemática, com uma prática quase obsessiva de aplicação de fórmulas, resolução de problemas de lápis e papel e construção de gráficos.

Na escola existiam outras três turmas, conduzidas pela professora que tinha lecionado cinemática para os alunos de MA no ano anterior. A recepção de MA por esta professora foi calorosa, com promessa de troca de experiências e auxílio recíproco. Entretanto, após uma primeira tentativa de planejamento conjunto, tudo isso permaneceu somente nas intenções, pois o que as duas visavam realizar era bem diferente e uma compatibilização exigiria um grande esforço recíproco, além de um tempo considerável de interação.

Ao iniciar as aulas MA estava bem consciente de que o planejamento que ela tinha produzido e, em parte, avaliado durante sua elaboração, sofreria modificações pequenas ou até grandes, dependendo das respostas dos estudantes. O planejamento efetivamente aplicado (veja Apêndice A) foi diferente do inicial, pois a partir do surgimento de dificuldades inicialmente não previstas, MA modificou a seqüência de algumas atividades, ampliou o conteúdo de outras desdobrando-o, substituiu algumas atividades e introduziu outras completamente novas. Isso fornece suficiente evidência de que MA desejava, não somente, realizar um novo tipo de ensino, bem diferente do que os estudantes tinham experimentado até então, isto é, um ensino mais centrado nas discussões e em atividades por eles realizadas, mas também que levasse em conta suas respostas, no sentido de adaptar e agir em conseqüência das mesmas. Enfim, não há dúvida de que MA estava tentando ser uma professora *inovadora*, numa perspectiva, pelo menos em parte, construtivista. O curso de atualização do qual tinha participado até então, as discussões com os coordenadores e com colegas, suas leituras e participações em cursos ligados a uma pós-graduação em ensino de ciências, não somente a convenceram a propor uma nova organização, na qual o objetivo era modificar as idéias espontâneas dos estudantes, mas também a instrumentaram a

sustentar tal experiência coerentemente com o espírito proposto. O quadro delineado acima constitui o pano de fundo para interpretar as informações sobre o *modo específico* de organizar e manipular o *feed-back* que ela recebia dos alunos, durante as atividades didáticas. Tais informações, que foram o objeto específico de nossa análise, estão apresentadas de forma detalhada no Apêndice B.

O desenvolvimento do Curso

Nossa análise do desenvolvimento do curso procurará salientar principalmente a relação entre a professora, os estudantes e o planejamento didático. A grosso modo, podemos delinear cinco fases ou etapas: a novidade inicial, o choque institucional, a trégua, a retomada do esforço inicial e o esfriamento final.

A novidade inicial

O início do curso foi dos mais favoráveis. A professora era nova e, portanto, despertava um interesse natural, o método de trabalho também era novo, pois discutia-se abundantemente em grupos e em plenária. As discussões eram interessantes, porque cada um podia expressar sua opinião e, sobretudo, porque o assunto era novidade. O planejamento inicial parecia adaptar-se bem à situação: a professora estava muito atenta para entender e interpretar o que os estudantes falavam; além disso, estava preocupada em ajudá-los a se organizarem nos pequenos grupos. O clima se modificou na segunda atividade, considerada pelos estudantes menos interessante, por parecer uma repetição de um assunto já estudado anteriormente: a análise da queda de uma bomba lançada por um avião. Nesse caso a professora, que esperava um envolvimento maior dos estudantes na medida em que a discussão revelasse o efetivo desconhecimento deles sobre o assunto, ficou um pouco decepcionada com a persistência do pouco interesse dos mesmos. Entretanto, ela insistiu em manter-se fiel ao planejamento. Na terceira atividade o clima voltou à descontração e ao interesse, pelo menos até a metade da mesma, momento no qual os estudantes achavam ter cumprido a tarefa com sucesso. A tentativa radical de desestruturação da idéia de “força impressa” por parte de MA, constituiu a “ducha fria”, que acordou os estudantes para a realidade institucional: muita discussão estava levando a nada e pouco ajudava para resolver os problemas das provas iminentes.

O Choque das Perspectivas

A angústia que se manifestou, durante a quarta atividade, com as recriminações e queixas dos estudantes sobre o método de estudo, o estilo da professora e as atividades programadas, refletiram-se também na participação, numericamente limitada, na primeira entrevista optativa e na reação de decepção com o resultado da

primeira avaliação individual. A falta de interesse dos alunos com o esforço da professora, que procurava forçá-los a refletirem sobre suas respostas, mostrou claramente que os mesmos colocaram-se em conflito com o estilo do curso e com a perspectiva dela. Eles queriam aprender do mesmo jeito que anteriormente e obter a aprovação. A professora também sentiu o choque e teve medo de ficar totalmente sozinha na empreitada. Por isso recuou em parte, resolvendo atender mais às exigências dos estudantes.

A Trégua

A partir da quinta atividade houve um acordo tácito entre professora e estudantes, no sentido de que os alunos tentariam se adequar ao que eles achavam ser o desejo da professora, evitando utilizar a palavra força em contextos inadequados e participando das discussões sem se queixar. A professora, por sua vez, proporia também atividades mais tradicionais, envolvendo fórmulas e resolução de exercícios ou problemas do livro texto.

Durante esse período os estudantes realizaram uma segunda prova escrita, que deu resultados mais satisfatórios do que a primeira, apesar deles a terem considerado mais difícil. A trégua durou com sucesso até a décima atividade. Durante esta fase, começou a aparecer o perfil cognitivo da classe, formando-se três grupos distintos: a vanguarda que mais participava e se esforçava para responder e atuar conforme as expectativas da professora, o grupo mediano, que oscilava entre momentos de participação e de apatia, vez ou outra respondendo de forma adequada e, finalmente, o grupo marginal que não tinha modificado nada, nem as concepções nem as expressões utilizadas. Nesta altura a professora, entendendo ter acalmado as angústias dos estudantes, retomou o estilo antigo, privilegiando os experimentos qualitativos, as discussões em grupos e em plenária, o aprofundamento dos conceitos, e abandonando os exercícios mais rotineiros.

A Retomada dos Esforços

A confiança da professora na eficácia de seu planejamento voltou a animar sua expectativa, na tentativa de obter sucesso pelo menos com o grupo mais avançado. Esperava que estes alunos modificassem significativamente sua maneira de pensar sobre força e movimento. Pelo menos até a décima quarta atividade, a participação dos estudantes nas atividades correspondentes foi efetivamente grande e o envolvimento dos mesmos nas discussões sustentou a esperança da professora num resultado decisivo, mesmo que parcial. Em particular, foram animadores, durante a segunda entrevista, o

aumento quantitativo dos participantes, a efetiva elaboração e o esforço de pensar dos estudantes.

As longas discussões sobre força normal pareceram convencer os alunos sobre a relação entre força e deformação e as longas discussões sobre massa, peso e força gravitacional pareceram ter produzido uma nova maneira de pensar, complementando e corroborando a formação do conceito de força e sua relação com a aceleração. Também prolongada foi a discussão sobre o atrito e sua função no caminhar e sobre as experiências com a balança de banheiro. Nesta última atividade, no início, os alunos reclamaram de já terem participado anteriormente da mesma discussão durante a entrevista, entretanto, com o desenvolver da discussão, o interesse dos alunos foi aumentando. Estavam claramente intrigados com a explicação de um resultado que parecia contrariar suas expectativas: pressionando com um bastão, mesmo que com muita força, o piso de uma balança, a marcação da mesma não se alterava, se a operação era feita pelo próprio aluno que estava se pesando.

A Decepção Final

No início da décima quinta atividade, antigas concepções que deveriam ter sido abandonadas reapareceram: os corpos possuíam força e a gravidade dependia da presença do ar. A esperança da professora de conseguir uma modificação da maneira dos alunos interpretarem os fenômenos começou a desmoronar.

MA percebeu que, com sua ajuda nas discussões gerais, eram alcançados determinados padrões de explicação, mas uma vez recolocado um problema semelhante, logo voltavam as explicações alternativas, mesmo dos alunos mais participativos. E, nesta altura do curso, obter resultados melhores estava fora de cogitação, não somente pelo tempo limitado que faltava para terminar o semestre, mas também pelo clima de pressão sobre os alunos, que precisavam obter notas boas nas várias disciplinas. O questionário e a avaliação final mostraram a ambigüidade da situação cognitiva dos alunos; para a professora eles responderam procurando as palavras que ela gostava e evitando as frases consideradas inadequadas, entretanto não apresentavam indícios convincentes de terem alcançado uma nova compreensão. A entrevista final, logo após as férias, foi mais reveladora, pois mostrou claramente que os alunos, mesmos os mais participativos, não dominavam o esquema newtoniano e alternavam explicações científicas com explicações de senso comum, dependendo da familiaridade com o exemplo analisado.

III. Uma Interpretação Possível

A descrição do curso e dos resultados parece intrigante. De um lado houve um planejamento cuidadoso com atividades variadas e com objetivos claros: fazer com que os estudantes apreendessem o esquema newtoniano. O envolvimento e o investimento da professora na elaboração e na execução do planejamento foi grande. O cuidado em discutir os pontos essenciais das Leis de Newton também foi contínuo, bem como o esforço em propor atividades que provocassem a discussão dos estudantes.

De outro lado os alunos não aprenderam *a pensar de maneira abstrata*, não dominaram a *articulação das Leis de Newton*, nem foram capazes de aplicar o esquema em *situações mais restritas*, como no caso do equilíbrio estático. Além disso os alunos não se comportavam como se estivessem participando de uma *experiência* para eles *significativa*, e se limitavam a cumprir as tarefas propostas, tentando responder do jeito que achavam que a professora teria gostado. O curso *não os marcou* e, no semestre seguinte, eles não tiveram manifestações de saudade do clima que havia caracterizado o primeiro semestre, nem pediram para que as atividades variadas e as discussões aprofundadas constituíssem novamente uma parte significativa do planejamento da professora.

Porque esse desencontro de interesses? Algo não funcionou no planejamento? Houve falhas na condução das atividades? Seria legítimo esperar resultados significativamente diferentes?

A resposta a essas perguntas poderia ser procurada numa *análise detalhada* de cada atividade, entretanto consideramos interessante propor um *enfoque mais global* que nos parece poder ser articulado em dois pontos essenciais.

a) A *aprendizagem estável*, por parte dos estudantes, de um esquema articulado como o newtoniano e a correspondente mudança na maneira de *analisar os fenômenos* parecem constituir uma mudança conceitual *fora do alcance* de um curso de segundo grau (Villani, 1992);

b) entretanto, no caso específico, a professora estava muito mais preocupada em atingir os *objetivos do planejamento* (a mudança conceitual dos estudantes) do que em incentivar os alunos a experimentarem momentos de *crescimento pessoal*. Isso tornou difícil a instauração de uma *“transferência pedagógica”* (uma relação de confiança estável entre professora e alunos) e como consequência o curso não produziu todos os *efeitos esperados*, nem foi visto e percebido, pelos estudantes, como uma *experiência marcante*.

O primeiro ponto está suficientemente discutido e documentado na literatura da área, razão pela qual lhe dedicaremos pouco espaço; o segundo, ao contrário, é bastante novo e polêmico, e por isso tentaremos uma discussão mais longa e elaborada, que convença de sua plausibilidade, pelo menos na situação analisada, e

permita uma contribuição nova no debate sobre a mudança conceitual e a formação do professor.

Mudança Conceitual: uma Utopia Escolar

O uso sistemático do paradigma newtoniano, caracterizado pelas três Leis de Newton e suas condições de aplicabilidade, para interpretar os fenômenos físicos que envolvem movimento e interações, constituem uma mudança conceitual fora do alcance de um curso de segundo grau de aproximadamente oitenta horas aulas, como o descrito anteriormente. Esse tipo de mudança exige que o estudante, além de aprender a usar o esquema em determinadas situações, que lhes foram anteriormente apresentadas e explicadas, aprenda também a contrariar sua visão natural e intuitiva, cada vez antecipando que, no novo fenômeno em discussão, deveria ser possível usar o esquema das três Leis. Essa mudança na maneira de ver, pode acontecer somente se a nova maneira se colocar como melhor, mais verdadeira e mais satisfatória (Hewson & Thorley, 1989).

Resumindo, em nossa opinião, tal modificação aconteceu em duas ocasiões: quando o estudante teve um entendimento bem marcante, amplo e profundo sobre o alcance do novo modo de ver, ou quando o estudante investiu muito nele, de forma a incorporá-lo com uma carga afetiva significativa. Enfim o novo paradigma representa muito para ele.

Pessoalmente encontramos algo de semelhante, com estudantes de segundo grau, em duas ocasiões: durante um curso de preparação de estudantes para a Olimpíada de Física e durante um curso sobre princípios de conservação em Mecânica.

No primeiro caso os alunos, além de se mostrarem extremamente competentes no assunto, dependiam do uso do esquema científico para poderem representar sua pátria na Olimpíada; no segundo caso um aluno, de repente, durante o curso, começou a estudar por sua conta, ler outros livros, discutir com o pai, para se tornar e se manter como referência principal, para a professora e os colegas, nas discussões em sala de aula. Em ambos os casos citados é evidente o grau de envolvimento emocional dos sujeitos no processo de aprendizagem.

Devemos convir que, em geral, nenhuma das duas condições citadas, o aprofundamento cognitivo marcante ou o investimento afetivo quase obsessivo, parece ser comum num curso de segundo grau. Neste sentido a forte decepção experimentada pela professora parece injustificada; ela tinha investido muitos esforços num objetivo utópico. Entretanto a professora não era tão ingênua ou simplista: queria uma mudança conceitual dos alunos, mas teria ficado satisfeita com muito menos. O que a desagradou foi que o resultado do curso, apesar dos esforços enormes na preparação e o cuidado na execução, não resultou em algo significativamente diferente do que acontece nos cursos

tradicionais. Inicialmente MA responsabilizou o planejamento pelo insucesso: ela conseguiu localizar momentos insatisfatórios, nos quais sua prática estava distante de uma postura construtivista; entretanto uma explicação local deste tipo não nos pareceu totalmente convincente.

Preferimos pensar que, de fato, durante o curso, tenha sido deixado de lado algo de muito importante; a sugestão para orientar nossa procura veio da crítica, bastante radical, do modelo de mudança conceitual de Posner et al. (1982), por parte de Pintrich et al., (1993). Nesse trabalho mostra-se que, muitas vezes, os estudantes são incapazes de cumprir as tarefas escolares apesar dos pré-requisitos conceituais e que outros elementos de natureza mais *motivacional* são potencialmente pertinentes ao processo de mudança conceitual: as metas dos estudantes, seus valores, suas crenças sobre suas capacidades de enfrentar as tarefas escolares. Além disso o contexto escolar, principalmente os fatores ligados à *relação professor-estudantes* e entre pares, é considerado como fortemente capaz de influenciar a escolha, por parte dos estudantes, da modalidade de executar as tarefas escolares, seu nível de envolvimento e sua vontade de persistir nelas. Por isso dirigimos nossa procura para a atitude da professora em relação aos estudantes, esperando encontrar algo que, implicitamente, fosse capaz de prejudicar a experiência e a aprendizagem dos estudantes.

A Importância da “Transferência” Pedagógica

Vários indícios nos sugeriram que o foco de interesse de MA era executar o conjunto de atividades do planejamento, na convicção de que elas modificassem o modo de ver dos estudantes, ao invés de se preocupar com a maneira com a qual eles estavam vivendo a experiência.

Um indício significativo apareceu, quase no final do curso, quando MA, ao tentar descrever sua experiência para colegas, salientou que a estrutura do curso estava baseada na interação entre os estudantes e o planejamento, deixando claro que seu papel seria garantir esta interação, que estimularia e até forçaria os estudantes a compreenderem que suas idéias espontâneas estavam inadequadas e as newtonianas mais eficientes para explicar os fenômenos analisados.

O segundo indício, mais forte ainda, veio durante uma entrevista-discussão com ela. Perguntada sobre o que ela fez durante a segunda atividade, quando os estudantes se queixaram que o problema já tinha sido analisado exaustivamente no ano anterior, ela respondeu que não deu importância às queixas, pois esperava que a própria discussão os convencesse que eles não estavam sabendo conduzir a análise.

E: “E quando você viu que a discussão não estava despertando o interesse?”

MA: “*Continuei do mesmo jeito, porque queria que fosse explicitada a relação com primeiro problema, o do indivíduo no navio, e aparecesse que a explicação era a mesma*”

Para MA, não era importante modificar a maneira dos estudantes verem o que estavam fazendo. Na sexta atividade aconteceu a mesma situação, com a mesma reação de MA.

Outro indício nos é fornecido pela interpretação por ela dada no diário sobre a reação dos alunos na terceira e quarta atividade quando, após uma longa discussão, os alunos chegaram a uma solução de consenso, a professora a desmontou rapidamente e procurou substituí-la por uma explicação mais ortodoxa. Em consequência, os alunos primeiro ficaram deslocados e depois agressivos em relação ao modo de agir dela. MA percebeu o choque, atribuindo-o ao conflito de opiniões e ao desejo de voltarem ao esquema usual; não percebeu que a revolta deles dependia do fato de se sentirem “ludibriados” pelo modo de conduzir as discussões, pois acreditavam terem sido obrigados a trabalhar totalmente “de graça”. Também o recuo de MA e a instauração de uma trégua com os alunos significava para ela mais a oportunidade de poder continuar a executar, pelo menos em parte, o planejamento, do que uma tentativa de ganhar o entusiasmo dos alunos para o curso e a metodologia didática. De fato, ela não considerou importante, aliás nem pensou em discutir sua proposta e suas expectativas com os estudantes, a fim de obter a adesão deles para o projeto.

Outro indício é constituído pelo comportamento de MA nos momentos de dificuldade. As longas discussões, durante a fase de retomada dos esforços, foram marcadas por um avanço muito lento dos estudantes rumo à modificação de suas concepções. Às vezes as opiniões levantadas eram demasiadamente numerosas, tornando as discussões mais difíceis de serem conclusivas e convincentes. MA percebeu o impasse dessas situações, mas não se preocupou em modificá-las, tornando-as mais compreensíveis, e portanto mais aceitáveis, para os estudantes. Teria sido importante, nesta altura, uma reflexão sistemática com eles sobre as metas do curso e as justificativas do processo adotado.

Outras vezes, como por exemplo na atividade 11, a professora, angustiada para cumprir seu planejamento, aproveitava de uma resposta de um aluno, para utilizá-la como paradigma, independentemente dos outros terem efetivamente compreendido a relação da resposta com suas próprias idéias.

Enfim parece evidente que ela atribuía pouca importância à visão que os alunos tinham do curso, bastando-lhe que eles participassem das atividades programadas. Para sermos mais precisos, MA *queria* que os estudantes se *envolvessem* nas atividades, *elaborassem* seus conhecimentos, *entendessem* os pontos cruciais, mas não estava claro para ela em que condições subjetivas isso seria possível. Ela pensava

que bastaria *cuidar das atividades*, verificando que fossem coerentes, complementares e relacionadas às noções espontâneas dos estudantes.

Entretanto, em nossa opinião, qualquer mudança significativa, por parte dos estudantes, é condicionada por um envolvimento profundo e uma grande persistência dos mesmos em tarefas adequadas. A dispersão dos interesses e motivações dos estudantes está longe de proporcionar as condições para esse envolvimento e somente a criação de uma relação nova poderá garanti-las.

Chamamos de *transferência pedagógica* (Villani & Cabral, 1996; Cabral & Villani, 1996), em analogia à transferência analítica, o surgimento de uma relação afetiva entre alunos e professor, tal que o primeiro reconhece no segundo um mestre, que conhece seus problemas de aprendizagem, e um guia capaz de resolvê-los. Como conseqüência o aluno torna-se disponível a seguir os passos do professor, querendo por ele ser apreciado. Por sua vez o professor explora essa relação estimulando o aluno a trabalhar e sustentando-o durante a elaboração de seus conhecimentos até que ele compreenda que pode aprender sozinho. A instauração de uma transferência pedagógica nos parece importante para um processo de aprendizagem rumo à mudança conceitual, porque constitui uma garantia de que o aluno continuará elaborando seus conhecimentos, apesar dos insucessos e regressões encontrados e da continuidade dos esforços exigidos. Nos parece que dificilmente este clima poderá ser mantido sem uma situação de “parceria amorosa” entre professor e alunos, pelo menos até que estes experimentem o prazer de aprenderem sozinhos.

O que aconteceu no nosso curso, em relação à este aspecto? Em nossa opinião, a atitude da professora foi altamente inibidora em relação à instauração da “transferência pedagógica”.

No começo a situação foi altamente favorável pela novidade do conteúdo e do método adotado, que despertaram interesse nos alunos e, sobretudo, pela novidade da professora, que mostrava competência científica e pedagógica. Entretanto frente as primeiras queixas dos alunos sobre o pouco interesse da segunda atividade, ela se furtou, tanto no momento, quanto numa reflexão posterior, de confirmar sua posição de guia que conduz os alunos por novos caminhos. Na terceira e quarta atividade confirmou essa postura, manifestando claramente que não queria ser o sustento emocional do trabalho de seus estudantes. MA não tentou reverter a situação de confronto transformando-a numa situação de adesão a ela. Não seria por amor a ela que os alunos se envolveriam nas tarefas, pois estas deveriam ser auto-suficientes e capazes de levá-los às novas concepções.

Também o objetivo da trégua foi de garantir espaço às atividades programadas, não de conquistar os alunos à sua causa. Durante essas atividades, na opinião da professora, os estudantes aprenderiam novamente a se interessar pelas discussões e construiriam um novo modo de pensar.

Vencida a resistência e a desconfiança dos alunos, quando houve a retomada dos rumos iniciais, os estudantes participaram das atividades como participariam de qualquer evento rotineiro, sem dar a alma para a tarefa, ou seja sem grandes esforços. MA não percebeu que a situação seria bem diferente se considerassem que estavam participando de um evento novo e singular, a exploração de uma nova metodologia de ensino, mais avançada. Os alunos não “vestiram a camisa” do curso, porque não se identificaram com os significantes e as motivações da professora, mas isso provavelmente aconteceu porque ela nem se deu ao trabalho de explicitá-los e divulgá-los, nem procurou se colocar como um guia. Também os alunos ou não chegaram a experimentar a emoção de entender, ou, se isso aconteceu, não foi dada, por eles e pela professora, importância ao evento.

Enfim, não somente o curso não constituiu uma experiência marcante para os alunos, mas também sua aprendizagem foi aquém das possibilidades efetivas, dada a riqueza do contexto escolar, a abundância das ocasiões e o esforço da professora. Faltou, a nosso ver, um elemento integrador capaz de ‘costurar’ os vários momentos de aprendizagem dos estudantes e de produzir resultados mais estáveis.

IV. Conclusões provisórias

Na literatura o tema da mudança conceitual é tratado em geral salientando a necessidade do levantamento das concepções dos estudantes, da oportunidade de promover conflitos cognitivos, no começo ou no final do processo, via experimentos, leituras ou discussões, da importância de organizar as atividades de acordo com as respostas ou as questões levantadas pelos estudantes, da eficácia de fornecer as informações quando elas respondem aos problemas formulados ou prestes a serem reconhecidos pelos estudantes. É importante notar o caráter analítico das sugestões ou das recomendações propostas; elas constituem cuidados importantíssimos capazes de tornarem cada uma das atividades mais profícua e mais eficiente, de maneira a estimularem os alunos a se convencer da utilidade de modificar suas idéias.

O relato da experiência de MA e, sobretudo, a interpretação por nós proposta chamam atenção sobre um outro aspecto, mais sintético e mais global: a preocupação do professor em fazer com que os alunos dêem um sentido *a priori* favorável à experiência didática, pois será esse sentido que costurará o conjunto dos sentidos individuais de cada atividade, permitindo, inclusive, que o aluno aproveite de atividades que ele não compreende completamente. Sem esse sentido, dificilmente o processo de aprender continuará vivo e eficiente, tornando-se, ao contrário, uma rotina a ser executada com o mínimo de esforço (e também de aprendizagem).

Esta antecipação, sem dúvida, está presente naqueles estudantes que querem aprender de qualquer jeito, custe o que custar, pois uma parte significativa de

sua sobrevivência profissional ou emocional depende do sucesso alcançado no processo. Também os estudantes que já passaram por um processo análogo aprenderam que são capazes de aprender sozinhos e que o processo tem momentos de angústia (quando não se consegue entender) e momentos de alegria (quando finalmente consegue-se aprender). Entretanto na maioria de nossas escolas é relativamente reduzido o número de alunos que, frente à tarefa de aprender uma nova estrutura complexa, como a que caracteriza grande parte dos conhecimentos científicos, conseguem antecipar esse sentido *a priori* de adesão ao processo. A maioria dos alunos, se abandonados a si mesmos, acaba rapidamente desistindo de se envolver até o fundo no esforço de aprender, mesmo que as atividades propostas sejam interessantes, variadas e coerentes. Conseqüentemente, eles aprendem bem menos do que poderiam.

A ligação emocional entre alunos e professores, que chamamos de transferência pedagógica, tende a fornecer aos estudantes o motivo *a priori* para aprender: seguir os passos do mestre para aprender e serem por ele reconhecidos. Naturalmente a ligação entre professores e alunos poderá ser mais forte ou mais fraca, dependendo da afinidade ou da ressonância intelectual ou pessoal entre eles; entretanto ganhar um mínimo de confiança dos alunos e mantê-la durante o curso, parece ser uma das tarefas mais importantes do professor. A experiência de MA constitui a visualização desse alerta: um esforço grande da professora foi em boa parte frustrado pela ausência dessa preocupação ou pela recusa implícita em assumir esse papel.

O que fazer e como fazê-lo?

Nossa resposta, parcial e provisória, a esta pergunta tem dois pontos chaves. O primeiro é que não existe resposta geral para envolver os alunos a darem o máximo de si no esforço de aprenderem as ciências. Como o trabalho de docência é um trabalho essencialmente artesanal, que consiste em proporcionar as condições adequadas a cada estudante, a instauração de uma transferência pedagógica é uma das condições adequadas para a aprendizagem, cuja realização varia de aluno para aluno ou, pelo menos, de grupo para grupo ou de turma para turma. É um encontro de subjetividades que entram em ressonância afetiva e cognitiva mirando uma meta, possível ou utópica. Assim como em geral é ingênuo esperar que o manual do(a) perfeito(a) sedutor(a) funcione em qualquer circunstância, também seria ingênuo esperar que funcione o manual do(a) perfeito(a) professor(a). A analogia não é ao acaso, pois o segredo de ambos, sedutor e professor, é prometer, quase sempre implicitamente, a realização de seus sonhos ao se deixar conduzir pelo parceiro. A analogia quebra nas intenções: o professor deveria conduzir o aluno até o ponto deste último não precisar mais daquele, ao passo que o sedutor espera conduzir o parceiro até o ponto dele (sedutor) não precisar mais deste.

O segundo ponto tenta atenuar um pouco a decepção frente a inexistência de um método para instaurar a transferência, fornecendo algumas pistas que têm servido em determinadas circunstâncias. A promessa (implícita) de uma experiência nova tem capturado as energias dos estudantes em pelo menos quatro situações diferentes.

A primeira situação refere-se à realização de uma tarefa comum concreta, facilmente considerada como importante e valorizada. Um caso relatado (Duschl, 1993), consistiu na elaboração de um projeto, por parte de várias turmas de estudantes de primeiro grau, de um barco que atendesse as necessidades do grupo. Naturalmente os professores de cada turma eram os coordenadores dos trabalhos da mesma, sendo reconhecidos como tais pelos estudantes entusiasmados. Boa parte das turmas mantiveram sua relação transferencial com os respectivos professores, que efetivamente assumiram o papel de conduzir e coordenar seus alunos. Entretanto alguns dos professores desistiram no meio do caminho, considerando a situação complexa ou stressante demais. Uma situação análoga (Duschl & Gitomer, 1991) foi a realização de um estudo sobre a localização e a construção de um aterro sanitário numa cidade do interior. A identificação dos estudantes com o projeto e com seu professor constituiu o efeito quase imediato da proposta.

Uma segunda possibilidade pode ser a participação numa experiência didática nova. Na literatura temos o relato detalhado da experiência de uma turma, cursando a segunda série do primeiro grau, envolvida na construção e validação do conhecimento matemático importante para ela (Wood et al., 1991; Weathley, 1991). Também nesse caso a professora teve que usar de toda a sua autoridade e de toda a influência sobre a turma para implantar e manter as regras do jogo. Esta possibilidade de transferência pedagógica é a que normalmente funciona quando um docente pretende testar um novo método de ensino: sua confiança na proposta é implicitamente transferida para os alunos, que rapidamente “vestem a camisa” do curso e enfrentam unidos todas as dificuldades institucionais ou pessoais que pressionam o professor responsável (veja por exemplo o relato de Pereira, 1995, sobre as resistências institucionais na introdução da proposta de Assimilação Solidária num curso de matemática de segundo grau). Também o sucesso de alguns experimentos testando a proposta do professor como orientador de pesquisa de seus alunos (Salinas de Sandoval, 1994), pode ser analisado deste ponto de vista.

Uma terceira possibilidade consiste no convite a participar de um desafio, a superar-se, a mostrar resultados surpreendentes. É o que acontece, por exemplo, no filme “O Preço de um Desafio”³, no qual o professor consegue levar toda a turma de uma escola marginalizada, freqüentada por estudantes de origem latino americana, a

³ O filme é dirigido por Ramon Menendez e produzido por Tom Musca.

participar com sucesso do exame final de matemática, comum a todas as escolas da região. Uma outra forma, menos espetacular e mais acessível, de envolver os estudantes a superar seus limites na aprendizagem, é convencê-los de que eles têm possibilidade de fazer uma experiência intelectual, se não desistirem do esforço na metade do caminho.

Finalmente uma última possibilidade de iniciar uma transferência pedagógica é mostrar competência e acenar para os conhecimentos novos e interessantes que serão o fruto do esforço. Estamos nos referindo, por exemplo, ao domínio inicial dos conhecimentos tecnológicos, ou à explicação dos eventos quotidianos, ou à introdução à ciência moderna. De qualquer forma, trata-se da promessa, por parte do professor, de guiar os estudantes numa região desconhecida, e do reconhecimento e aceitação, por parte dos alunos, de que o professor será capaz de sustentar a tarefa, pelo menos até o ponto em que eles modifiquem suas aspirações e/ou consigam caminhar sozinhos.

Nosso trabalho, partindo da análise da proposta inovadora de MA, está tentando chamar a atenção para um aspecto pouco focalizado na literatura, e que parece contribuir para o esclarecimento das características de um ensino construtivista e dos desafios de um professor que queira praticá-lo: a instauração da transferência pedagógica.

Os Limites da Transferência

Como conclusão queremos chamar a atenção para o fato que nosso enfoque sobre a transferência pedagógica não significa a localização de uma panacéia pedagógica universal: a instauração de uma transferência pedagógica num curso *não resolve os problemas e as dificuldades* de aprendizagem dos estudantes (Orquiza & Villani, 1996, Villani e Orquiza, 1995).

Em primeiro lugar, ela não dispensa um bom planejamento e a escolha de atividades interessantes e adequadas que entrem em ressonância com os estudantes. Trata-se (Orquiza, 1994) da busca, por parte do professor que programa o curso, de atividades caracterizadas por ressonância didática (entre a iniciativa do professora e a bagagem pessoal do estudante), cognitiva (entre os conhecimentos científicos e as intuições ou concepções dos estudantes) e experimental (entre as concepções dos estudantes e os experimentos propostos). Uma vez instaurada uma transferência pedagógica entre professores e alunos, esta somente poderá continuar a existir e funcionar como sustento do trabalho dos estudantes se eles, progressivamente, passarem a identificar as tarefas como localmente significativas, ou seja, fazendo sentido por elas mesmas. A relação afetiva entre professor e estudante auxiliará estes últimos a progredir nesta percepção.

Também devemos salientar que o objetivo da transferência pedagógica é seu superamento, no sentido que o professor deve tender a conduzir os alunos a se libertarem de sua dependência. Sem dúvida, essa deve ser uma meta bem clara, mas ela torna-se, em concreto, um problema delicado, pois é difícil saber quando será o momento oportuno da figura do professor desaparecer do imaginário do aluno. Uma tentativa abrupta do professor cortar a ligação de dependência de seus estudantes poderia ser interpretada, por estes, como uma recusa daquele em continuar a sustentar o processo de aprendizagem até então experimentado, gerando uma crise com efeitos imprevisíveis. De qualquer forma, esse problema parece se colocar, de maneira realista, somente no ensino de terceiro grau ou na relação entre orientando e orientador, na pós-graduação; no caso específico dos estudantes de segundo grau, isso parece muito distante de constituir uma preocupação efetiva, pois dificilmente os alunos atingem uma autonomia intelectual e afetiva.

Referências

- Cabral, T.C.B. & Villani, A. -1996 - *Analogias para o Ensino de Ciências e Matemática: Contribuições da Psicanálise*. Trabalho apresentado na 19ª Reunião Anual da ANPED, em setembro 1996.
- Duschl, R.A. -1993 - Comunicação pessoal a um dos autores
- Duschl, R.A. & Gitomer, D.H. - 1991 - Epistemological Perspective on Conceptual Change: Implications for Educational Practice - *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9) pp. 839-858.
- Hewson, P.W. & Thorley, N.R.: 1989, The conditions of conceptual change in the classroom, *International Journal of Science Education*, (11), pp. 541-553.
- Niedderer, H. - 1992 - What Research can Contribute to the Improvement of Classroom Teaching. *Proceeding of The International Conference on Physics Teachers' Education*. Dortmund (Germany) pp.120-157
- Niedderer, H. & Schester, H. - 1992 - Toward an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In Duit, R.; Goldberg, F.; Niedderer, H. (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. IPN. Kiel (D). pp. 74-98

- Orquiza, L.C. - 1994 - Representações mentais e conflitos cognitivos: o caso das colisões em Mecânica. *Tese de Doutorado*. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo.
- Orquiza, L.C. & Villani, A - 1996 - Aprendizagem dos Princípios de Conservação em Entrevistas Didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(2), in press.
- Pacca, J.L.A. - 1994 -A Atualização do Professor de Física do segundo grau - Uma proposta. *Tese de Livre-Docência*. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
- Pacca, J.L.A. & Villani, A. - 1995 - Un curso de actualización y cambios conceptuales en profesores de Física. A ser publicado em *Enseñanza de las Ciencias*.
- Pereira, D. J. R.- 1995 - O papel do significante ‘família’ no discurso sobre ensino e aprendizagem da matemática na escola. *Dissertação de Mestrado*. UNESP- Rio Claro.
- Pintrich, P.R.; Marx, R.W.& Boyle, R.A. - 1994- Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change, *Review of Educational Research*, 63(2), pp.167-199
- Posner, G.J., Strike, K.A.; Hewson, P.W.; Gertzog, W.A. - 1982 -Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change - *Science Education*, 66(2), pp.211-227.
- Salinas de Sandoval, J. - 1994 - Las prácticas de Física Básica en Laboratórios Universitarios. Tesis Doctoral, Universitat de València.
- Strike, K.A. & Posner, G.J. - 1992 : A Revisionistic Theory of Conceptual Change. In Duschl & Hamilton (Eds.): *Philosophy os Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. -Albany, NY, SUNY Press, pp.147-176.
- Villani, A. -1992- Conceptual Change in Science and Science Education. *Science Education*, 76 (2), pp.223-237.
- Villani, A. & Cabral, T.C. B. ; 1996, ‘*Mudança Conceitual, Subjetividade & Psicanálise*’.Enviado para *Investigações em Ensino de Ciências*.

Villani A. & Orquiza, L.C. -1995- Evolución de las Representaciones Mentales sobre Colisiones. Enviado para Enseñanza de las Ciencias.

Wheatley, G.H.- 1991 - Construtivistic perspective on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), pp.9-21.

Wood, T.; Cobb, P.;Yackel, E. - 1991 - Change in Teaching Mechanics:A Case Study, *American Educational Research Journal*, 28(3), pp. 587-616.

APÊNDICE A: PLANEJAMENTO FINAL

CONTEÚDO	ATIVIDADES	OBJETIVOS
Relação entre Força e Movimento	Primeiro Questionário	. Levantar as concepções dos Alunos
Repouso- MRU- Referencial	1. O Problema da Cabine do Navio: encontrar uma solução para o problema em grupos	- Identificar a equivalência entre repouso e MRU - Desestruturar a concepção de Movimento Absoluto
Trajatória e Referencial	2. Lançamento de Bombas por um Avião: discussão em grupo, discussão geral	. - Identificar a relação entre trajetória e referencial - Desestruturar a concepção de movimento absoluto e de força impressa
O Movimento Sem Força: o MRU	3 . Movimento de um Bloco de Faces Diferentes: previsão e justificativa para o movimento da caixa (1)	. - Relacionar alteração de movimento com força - Desestruturar concepção de força impressa - Introduzir Lei da Inércia
Relação entre Força e Movimento	4.Texto: Aristóteles e Galileu - discussão em grupo, discussão geral	. - Estruturar as idéias levantadas nas aulas anteriores . - Fornecer algumas informações de apoio aos alunos
Relação entre força e movimento	Primeira Entrevista	Levantar as concepções dos alunos
Conteúdo discutido nas Atividades de 1 a 4.	Primeira Avaliação	Avaliar as concepções dos alunos
Primeira Lei de Newton	5. Movimento de um bloco de faces diferentes: discussão das situações: iniciando ou finalizando um movimento, alterando a direção do movimento, movimento de mesmo corpo em diferentes superfícies	. - Reestruturar e organizar as discussões anteriores . - Discutir a Lei da Inércia e seus aspectos relevantes
Força de Atrito	6.Movimento de um bloco de faces diferentes, Discussão das situações: superfície mais lisa e mais áspera	-Reestruturar a relação entre força, movimento e alteração de movimento
Conteúdo desenvolvido até a atividade 6	Segunda Avaliação	Avaliar as concepções dos alunos
Terceira Lei de Newton	7. Identificação de interações em figuras que representam diferentes situações	- Identificar as situações onde existe força, relacionando com alteração de movimento . -Identificar força como interação -Reconhecer nos pares de força a simultaneidade e mesma intensidade
Força Resultante	8.Situações iniciais de equilíbrio sendo alteradas, devido à alteração de intensidade ou direção ou sentido de aplicação da força	. - Identificar força como grandeza vetorial -Determinar força resultante
Aceleração	9. Retroprojeto: corpos com variações de velocidade e tempo diferentes	. - Diferenciar velocidade de aceleração - Identificar aceleração como variação da velocidade em uma variação de tempo
Segunda Lei de Newton	10. Demonstração Experimental: alteração da massa e intensidade da força	Relacionar força, massa e aceleração
Conteúdo desenvolvido até a atividade 10	Terceira Avaliação	-Avaliar as concepções dos alunos

Continuação

Força Normal	11. Analogia entre mesa, espuma e mola como apoio para um corpo	. - Estabelecer a analogia, identificando o contato como interação- ação simultânea de dois corpos
Relação entre Força e Movimento	Segunda Entrevista	- Levantar as concepções dos Alunos
Força Peso	12. Apresentação de um vídeo - discussão geral	. - Identificar Força Peso como interação à distância . - Identificar a atração gravitacional no vácuo . - Identificar que não varia com o movimento
Força de atrito	13. Os alunos deveriam andar pela sala e responder a questão: Como Andamos?	- Identificar a força de atrito como contrária ao movimento relativo entre os corpos . - Estabelecer os fatores que influenciam na intensidade da força de atrito
Terceira Lei de Newton	14. Prevendo a indicação de uma balança em três situações: aplicando uma força sobre o piso da balança, sobre o teto da sala e sobre o chão.	- Levantar as previsões dos alunos e suas justificativas: noção de interação . - Identificar os aspectos relacionados com a Terceira Lei, através da experiência realizada. . - Rediscutir força como interação
Interações no Plano Inclinado	15. Plano Inclinado: corpo em repouso, em movimento e em iminência de movimento	. - Identificar as interações no plano inclinado - Rediscutir a força de contato: normal. Comparar a força de atrito nas três situações . - Rediscutir as concepções já levantadas em sala de aula
Força de Resistência do Ar	16. Previsão e Discussão da queda de corpos de massas e formas diferentes	- Diferenciar queda e queda livre . - Interpretar o papel do ar como interação resistiva - Levantar os aspectos relacionados a força de resistência: velocidade e área dos corpos
Relação entre Força e Movimento	Segundo Questionário	- Levantar as concepções dos alunos
Todo Conteúdo Desenvolvido	Quarta Avaliação	- Avaliar as concepções dos alunos
Relação entre Força e Movimento	Terceira Entrevista	- Levantar as concepções dos alunos

APÊNDICE B: OS EVENTOS SIGNIFICATIVOS

Neste Apêndice, com base nas informações fornecidas tanto pelo diário e pelas lembranças de MA, quanto pelas provas e entrevistas dos estudantes, descreveremos os eventos mais importantes, referentes à relação entre a professora e os estudantes e ao progresso destes na aprendizagem das Leis de Newton.

Primeiro Questionário

O questionário, que destinava-se ao levantamento das concepções dos alunos sobre a relação força e movimento, causou muita expectativa entre eles quanto à finalidade que lhe seria atribuída. Os alunos reclamaram que não haviam estudado o conteúdo abordado e portanto, não sabiam responder às questões. A professora os tranquilizou, deixando claro que não seriam avaliados naquele momento. A análise posterior do questionário revelou uma homogeneidade da turma com relação às concepções de força e da sua relação com o movimento.

Primeira Atividade

Um indivíduo preso no interior de uma cabine de navio, sem janelas ou qualquer outro contato com o meio exterior, deveria prever se o navio estava em repouso ou em movimento. Os alunos, trabalhando em pequenos grupos, deveriam se colocar no papel desse indivíduo e fazer a previsão, justificando-a. Em seguida, todas as previsões e justificativas seriam discutidas. Da discussão em grupos, houve um crescente entusiasmo dos alunos para encontrar a melhor solução, e a proposta de "*jogar um objeto para cima, se ele cair no mesmo lugar, o navio está em repouso, se ele cair para trás, o navio está se movendo*", foi considerada como perfeita para solucionar o problema. Com o objetivo de criar um conflito com a solução escolhida, foi proposta, para a turma, uma analogia entre a solução aceita e o movimento da Terra. Os alunos, primeiro discutiram se realmente o movimento da Terra era significativo e se ele era percebido por um observador solidário, e depois concluíram que a analogia não servia pois as duas situações propostas eram diferentes. A insistência da professora para que a analogia fosse melhor analisada, convenceu os alunos que a solução anteriormente aceita não poderia ser correta e, portanto, deveriam buscar uma nova solução para o problema inicial. Também as outras soluções propostas pareceram inadequadas e chegou-se a concluir, que não há como diferenciar se um corpo se encontra solidário num referencial em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU).

MA comentou que ficou surpresa com a resistência dos alunos em alterarem sua idéia inicial e com a tendência a considerar que cada situação tivesse sua própria solução. Vários alunos continuaram conversando com a professoras após o termino da aula, sinal de um início promissor.

Segunda Atividade

A segunda atividade, ao contrário da primeira, não envolveu os alunos. Eles se decepcionaram ao encontrar um problema, analisar o lançamento de uma bomba por um avião, que já havia sido discutido no ano anterior. A tentativa de relacionar a conclusão obtida com a discussão da atividade 1, sobre a equivalência entre repouso e MRU, com trajetórias diferentes em diferentes referenciais, foi muito lenta e a compreensão das relações, ainda que momentânea, não atingiu a todos.

Pelo relato de MA, o pouco envolvimento dos alunos não constituiu para ela um problema, parecendo-lhe suficiente que os alunos relacionassem a segunda atividade com a primeira, mesmo que com pouco entusiasmo. Vários alunos continuam procurando MA após e fora da aula.

Terceira Atividade

Um bloco, cujas faces constituídas de materiais diferentes (papel-lixo e papel-cartão), foi lançado sobre uma superfície horizontal. Os alunos deveriam prever o movimento do bloco, ao ser lançado sobre as superfícies, justificando suas previsões.

Para os alunos, a diferença entre os movimentos da caixa, quando apoiada nas diferentes faces, era devido ao atrito, entretanto justificaram que a face lisa se moveu mais porque a força "*dada*" "*vencia*" melhor o atrito. Duas concepções sustentavam esta idéia: a força de atrito já existe na caixa e na mesa, independente de haver ou não movimento, e havendo movimento a força "*dada*" "*lutaria*" com a de atrito, que sempre resultaria "*vencedora*". O consenso sobre esta solução era geral.

MA esfriou o ambiente afirmando que um corpo não consegue armazenar força, pois, em caso contrário, corpos muito grandes seriam empurrados com relativa facilidade, aplicando "doses" sucessivas de forças, até o corpo armazenar força suficiente para se mover. E aproveitou a situação de choque dos alunos para apresentar a visão newtoniana sobre força.

Na aula seguinte, os alunos reclamaram que não tinham entendido nada e que estavam totalmente perdidos. O estado de desconforto, tanto dos alunos como da professora, ficou evidente e ela julgou-se incapaz de manter o clima descontraído e produtivo que marcou as aulas anteriores, sendo clara, direta e positiva. A maioria dos

alunos anotou como nunca o que era dito, pedindo inclusive que as respostas às questões da tarefa para casa fossem colocadas no quadro.

Refletindo sobre as causas da reação dos alunos, MA concluiu que o exemplo dado não só entrou em conflito com as concepções de força dos alunos como também foi fornecido no momento em que eles acreditavam já ter solucionado o problema. Ela não percebeu que outro problema mais fundamental, um desencontro entre aquilo que ela e os alunos queriam, estava minando a eficiência da estratégia didática. Depois desta atividade a procura de MA fora da aula diminuiu muito.

Quarta Atividade

A escolha de inserir uma atividade, baseada num texto sobre as idéias de Aristóteles e Galileu sobre força, foi a tentativa de atender, pelo menos em parte, o desejo deles de respostas prontas e definitivas.

A leitura e discussão deste texto foi bastante interrompida por questões que envolviam a relação entre força e movimento e as respostas a todas as questões foram dadas pela professora. Durante a aula, ocorreu um dos principais momentos de angústia dos alunos com relação ao estilo das aulas e ao comportamento do professor. Na opinião deles, estavam sempre resolvendo problemas e discutindo soluções, e nunca sabiam a resposta correta. Depois, havia também uma falta de conteúdo registrado no caderno e uma falta de exercícios de resolução algébrica. Eles reclamaram, principalmente, de seu rendimento baixo, em comparação com as outras turmas que estavam mais adiantadas, segundo eles, porque tinham resolvido muitos exercícios e sabiam aplicar as fórmulas. Os alunos concluíram que seria melhor e mais rápido dar logo a resposta, dizer logo o que diz a teoria, qual a fórmula a ser usada e fazer os exercícios do livro.

O recuo de MA, frente a investida dos estudantes ao longo de toda a atividade, ficou claro e o efeito foi um aumento da demanda dos estudantes em direção à prática tradicional. A chegada da primeira avaliação certamente contribuiu, grandemente, para aumentar a ansiedade tanto da professora, quanto dos alunos.

Ela não sabia como se sairiam os estudantes numa prova mais tradicional e quais os reflexos institucionais do evento; eles não sabiam como seriam avaliados e sentiam-se pouco treinados na solução dos exercícios do livro.

Entrevista e 1ª Avaliação Escrita

A primeira entrevista, gravada em vídeo, despertou a curiosidade de relativamente poucos estudantes, pois somente 11 dos 36 alunos se dispuseram a participar fora do horário de aula. Em geral, todos os alunos se envolveram nas

discussões, procurando analisar e debater entre eles os experimentos propostos, apesar destes não serem totalmente novos. Suas justificativas se apoiavam, geralmente, em conceitos espontâneos; alguns reflexos das primeiras aulas foram percebidos somente nas referências de uma aluna às palavras da professora. Por sua vez esta aluna era a referência de seu grupo, aprovando ou questionando as respostas de suas colegas. O único estudante que analisou o problema do peso de maneira científica foi questionado pelos colegas e no final modificou sua opinião, aceitando a dos outros.

Na primeira avaliação, os estudantes acharam que seu desempenho tinha sido satisfatório e ficaram surpreendidos com os comentários da professora, tanto nos problemas de tipo do livro, quanto nas questões mais discursivas. Após a avaliação, MA chegou a propor questões individuais para seus alunos, tentando obter esclarecimentos sobre respostas ambíguas, mas, em geral, os estudantes não colaboraram nesta atividade. Seu interesse era em torno da nota recebida e o fato desta ser baixa, os deixou insatisfeitos.

Quinta Atividade

Com o objetivo de reestruturar todas as discussões anteriores e estabelecer a Lei da Inércia e seus principais aspectos, três situações foram discutidas: iniciando ou finalizando um movimento, alterando a direção do movimento, analisando o movimento em diferentes superfícies.

Apareceu uma mudança de atitude de alguns alunos: eles passaram a substituir o termo *força* por outros termos que lhes pareciam como sinônimos e que consideravam do agrado da professora. Na descrição ou justificativa de um movimento, diziam que o corpo se movia *sem força*, mas *por inércia*, ou simplesmente se movia porque era esta *sua tendência*.

A ansiedade dos dois, da professora e dos alunos, na busca e expectativa de uma resposta satisfatória encontrava um alívio parcial com esta solução, mas MA percebeu que ao invés de criar-se um conflito sobre a concepção de força, estabeleceram-se um conflito com a palavra força.

Sexta Atividade

Devido às discussões da Lei da Inércia, sempre se esbarrarem na questão do atrito, uma atividade intermediária entre a 1ª e a 3ª lei foi introduzida: a partir do lançamento dos blocos de faces diferentes, se procurou aprofundar mais a questão do atrito.

Os alunos não se sentiram motivados pelo tema e pelo material utilizado (o mesmo bloco da atividade anterior), alegando que ambos eram repetitivos. MA não deu

importância a esta reação, pois queria que os estudantes relacionassem o que tinham aprendido a partir do texto histórico sobre força, com a situação apresentada. Esperava que a própria discussão despertasse o interesse. Os resultados obtidos não foram satisfatórios, pois o envolvimento continuou escasso durante toda a atividade.

Segunda Avaliação

Eles ficaram preocupados durante a prova, achando-a muito difícil porque haviam estudado muito os exercícios (os problemas envolvendo a Terceira Lei) e não havia nenhum exercício deste tipo na prova.

Na hora da entrega das notas, eles estavam ansiosos, pois achavam que tinham ido muito mal. A professora estranhou muito este comportamento, uma vez que o rendimento foi melhor nesta do que na prova anterior. Ao receberem suas provas, alguns alunos não acreditavam na nota, realmente esperavam menos. Na correção da prova, foram comentadas e discutidas as respostas dadas por alguns alunos a algumas questões.

Sétima Atividade

O uso de uma metodologia diferenciada se revelou tão motivador que a duração da mesma foi além da prevista. Para esta atividade os alunos, divididos em pequenos grupos, deveriam analisar figuras que representavam situações de interação. Após a análise de uma figura, os grupos trocavam o material. As figuras representavam colisões entre corpos, corpos apoiados sobre outros corpos, um homem utilizando uma haste para levantar a tampa de um bueiro, um garoto sobre patins empurrando uma parede, dois garotos sobre patins se empurrando mutuamente, etc.

Toda sala se envolveu e as respostas foram muito úteis, não só para levantar algumas concepções, mas também na discussão das respostas com toda turma.

O principal aspecto que os alunos elegeram para discussão foi a necessidade de dois corpos estarem envolvidos numa interação. A conclusão de um aluno, a força existe sempre na colisão ou no contato entre dois corpos, foi aceita pela sala como inquestionável. Questões relacionadas a mesma intensidade ou a simultaneidade das forças de interação foram muito pouco exploradas.

Oitava Atividade

A exploração da idéia de força como grandeza vetorial foi conduzida mediante a análise de situações de equilíbrio estático e dinâmico, e da resolução de exercícios do livro-texto. Chamava-se a atenção para cada força aplicada sobre o corpo, sua intensidade, sua direção e sentido bem definidos. Qualquer alteração implicaria na perda do equilíbrio. Na situação onde o corpo estava inicialmente em repouso, a força resultante ser nula não causou nenhum tipo de comentário. Já na situação de velocidade constante, a opinião de alguns alunos, revelando porque a força deveria ser nula, gerou certo desconforto para os outros.

As operações vetoriais agradaram, pois existiam fórmulas para aplicar, substituindo valores e obtendo resultados numéricos. Também ajudou na compreensão da necessidade do tratamento vetorial, o fato de que três alunos, ao tentarem mover uma mesa, a arrastavam cada um numa direção diferente dos demais, dificultando o sucesso da tarefa.

A resolução dos exercícios do livro, atividade sempre bem aceita pelos estudantes, foi o momento propício para retomar as atividades anteriores.

Nona Atividade

A discussão, feita com toda a classe, referiu-se à situação na qual a resultante das forças não era nula. Para os estudantes, inicialmente, não existia diferença entre velocidade e aceleração. Corpos com mesma variação de velocidade em diferentes intervalos de tempo, eram considerados como tendo a mesma aceleração. Vários exemplos foram discutidos, modificando as variações de velocidade e/ou os correspondentes intervalos de tempo, mas mesmo após a discussão, para os estudantes foi difícil relacionar força com aceleração, pois continuava valendo a relação entre força e velocidade.

Refletindo sobre a conclusão obtida nesta atividade, a professora resolveu aprofundá-la iniciando a discussão da segunda Lei de Newton, a partir da colisão entre duas esferas.

Décima Atividade

Nesta atividade, os alunos fizeram previsões e justificaram as colisões entre diferentes esferas. O que acontecia durante a colisão não apareceu como problema para nenhum aluno, pois para eles era evidente que algo estava sendo transferido ou uma força exercida. Um primeiro grupo manteve a concepção de força impressa, usando a expressão "*transfere força*". Um segundo grupo explicava usando a transferência de inércia, tendência de movimento, e acenando a um processo de interação. Finalmente o terceiro grupo não acenou à transferência, limitando-se a falar em "*fazer força*".

No entanto, o que acontecia com o movimento das esferas após a colisão foi o ponto de interesse, uma vez que não coincidia com as previsões. Ficou evidente que, para eles, a alteração de movimento estava diretamente ligada a massa das esferas e as condições iniciais da esfera incidente (para alguns maior ou menor velocidade, para outros maior ou menor força), mas a condição inicial da esfera alvo (repouso ou movimento) não foi comentada.

Uma única conclusão foi aceita por todos, a força altera o movimento dos corpos. A partir desta conclusão, e das conclusões obtidas na atividade 7, a introdução da força normal foi bastante produtiva.

Terceira Avaliação

A terceira avaliação se constituiu de exercícios que exigiam o conhecimento da Segunda Lei de Newton. A professora esperava melhores resultados, uma vez que resolução de exercícios era algo que sempre agradava aos alunos. No entanto, muitos mostraram inabilidade em interpretar as informações dos problemas, escrever a equação da Segunda Lei e encontrar as interações relevantes para o cálculo da aceleração. Para alguns alunos, parecia inclusive, que este era o primeiro contato com estes exercícios.

A conclusão obtida da atividade que antecedeu a prova - a força altera o movimento dos corpos - não serviu como parâmetro de análise para um problema. A maioria dos alunos, procurou pela aceleração do sistema, apesar dos corpos envolvidos estarem em MRU.

Após a avaliação, MA retomou a resolução dos exercícios do livro texto, tentando clarear melhor tanto a resolução matemática dos mesmos, quanto sua discussão conceitual.

Décima Primeira Atividade

O objetivo desta atividade era, além de introduzir a força normal, analisar situações onde uma força estava claramente envolvida e não havia alteração de movimento. A atividade baseava-se, na utilização de diferentes superfícies de apoio para um mesmo corpo apoiado sobre ela: uma mesa, um pedaço de espuma e uma mola.

O trabalho da professora, na discussão desta atividade, foi muito difícil. Existiam muitas idéias conflitantes fornecidas por diferentes alunos. Existiam desde alunos que não consideravam necessário o apoio exercer força, porque simplesmente era o apoio, até informações confusas sobre força da gravidade, ação da gravidade, massa e peso. Muito tempo foi utilizado na tentativa da professora compreender qual o significado destes termos utilizados pelos alunos.

Quando existem muitas informações sendo simultaneamente trabalhadas, os alunos também se desmotivam e o envolvimento é menor. Em meio ao caos, um aluno questionou se a força aplicada pelo corpo sobre a mesa, não poderia estar deformando a mesa, como nos outros casos, mas de modo que seria impossível perceber a deformação. Esta pergunta não foi compreendida por todos os alunos, mas a professora valorizou esta conclusão, alterando bruscamente os temas em discussão e falando demais sobre deformações, corpos em contato, o significado da interação.

A atividade preparada para iniciar a discussão da força peso foi alterada. No planejamento inicial, este assunto deveria ser introduzido trabalhando com uma demonstração experimental. Como as concepções sobre massa, peso e gravidade já haviam aparecido na atividade 9 e alguma discussão já tinha se iniciado, a atividade foi alterada para a apresentação de um vídeo sobre o assunto.

Segunda Entrevista

A segunda entrevista despertou o interesse de 22 alunos. Quando a situação envolvia questões conhecidas, havia uma tendência em relacioná-las com as informações obtidas nas aulas, gerando discussões e dúvidas entre os alunos. Nas questões que envolviam situações não discutidas em aula, as respostas eram mais rápidas e não causavam tanta discussão entre eles.

Em geral, todos os alunos se envolveram nas discussões, procurando analisar e debater entre eles os experimentos propostos, apesar de suas justificativas se apoiarem em conceitos espontâneos.

Décima Segunda Atividade

Consistiu na apresentação de um vídeo sobre a ação gravitacional e, a discussão em grupos, parece ter conseguido seu objetivo. Os próprios alunos tentaram descrever os conceitos de cada termo, como massa, peso e gravidade. No entanto, surgiu na discussão a crença de que o ar é quem exerce a força da gravidade, sendo os conceitos de força da gravidade e pressão atmosférica iguais para alguns.

Décima Terceira Atividade

Os alunos deveriam andar pela sala e responder, descrevendo e justificando, a questão: "Como andamos?" A discussão revelou que a força de atrito era uma força sempre contrária ao movimento, mas não conseguiram identificar o par de ação e reação correspondente. A discussão de que a força de atrito é contrária ao movimento relativo entre os corpos foi lenta e acabou gerando entre eles uma

importante conclusão: só deveriam pensar nisso em alguns casos especiais, nos demais ela era contrária ao movimento e pronto.

Um dos alunos insistiu que o solo não o empurrava para frente, mas que ele é quem usava o solo para dar um impulso. Outros exemplos não o convenceram a mudar de idéia.

Décima Quarta Atividade

Consistiu em repetir uma experiência realizada durante a entrevista: prever e justificar o que indicará uma balança quando um garoto sobre ela forçar, com um cabo, o solo, o teto e o próprio piso da balança. Os alunos que foram entrevistados sabiam o que a balança indicaria, mas não sabiam justificar e estavam ansiosos pela discussão. Eles conseguiram justificar as situações de empurrar o solo ou o teto, mediante divisão ou equilíbrio de forças entre os corpos envolvidos (solo ou teto e aluno), mas no caso em que o aluno empurra a própria balança poucos fizeram a previsão correta, mas perceberam que a justificativa anterior não funcionava. A maioria, no entanto, considerava que a balança registraria um aumento em sua indicação; o resultado foi para muitos uma completa surpresa, principalmente no caso onde se forçava muito o próprio piso da balança. A discussão seguinte desencadeou uma revisão das justificativas usadas anteriormente, introduzindo contato entre os corpos (interações), e sendo mencionada a Terceira lei. Entretanto a maioria não era capaz de marcar todos os pares de forças envolvidos nos três casos. O aspecto da simultaneidade da ação e reação, que se pretendia também trabalhar, não foi mencionado pelos alunos durante a discussão, sendo então lembrado pela professora.

Décima Quinta Atividade

Consistiu na análise das interações no plano inclinado, tema introduzido na entrevista.

Foi muito lenta a identificação das interações no plano inclinado; a atividade durou várias aulas. A única força em consenso era a força da gravidade, no entanto, com direções e sentidos próprios para cada um. Um primeiro passo consistiu em identificar os corpos envolvidos na interação. Mas na discussão sobre a força “normal” os alunos recolocaram o problema de uma força própria do corpo. Estabelecida a composição de forças, as alterações sobre o ângulo de inclinação e o comprimento do plano, introduziram uma perturbação que dificultava a nova decomposição de forças. Algumas idéias abandonadas (por exemplo a relação entre ar e gravidade) foram repropostas. Ficou claro que os estudantes não dominavam o problema proposto.

Décima Sexta Atividade

Consistiu na previsão e discussão da queda de corpos de massas e formas diferentes (livro, folha de papel aberta e folha de papel amaçada), sendo, a tarefa de encontrar as forças envolvidas, executada com relativa facilidade pelos estudantes.

No caso, onde corpos de massas diferentes e mesma forma eram abandonados de uma mesma altura, a maioria previu com grande confiança que os dois corpos chegariam juntos ao solo e justificaram isso dizendo que, a resistência do ar era a mesma e que Galileu havia provado isso. Para explicar o tempo diferente de queda observado, foi feita menção à resultante diferente, sem nenhuma menção à aceleração (reapareceu a idéia da relação força-velocidade).

A aceleração desenvolvida pelos corpos foi posta em discussão, mas não conseguiam compreender como a aceleração poderia mudar de valor. Mesmo a discussão entre as semelhanças e diferenças no caso com ar e sem ar, não conseguiu convencer os alunos sobre o efeito diferente da resistência do ar. Para eles era mais inteligível a queda simultânea dos corpos, provavelmente como generalização, para todos os casos, da conclusão que conheciam como a de Galileu.

Questionário e Avaliação Final

O segundo questionário foi aplicado no último dia de aula e uma semana antes da última avaliação. Se compararmos com o primeiro questionário, houve uma diferença significativa nas respostas dos alunos, uma vez que foram marcadas pela maioria deles, tanto alternativas mais corretas quanto justificativas mais coerentes. No entanto, podemos pensar que suas justificativas se basearam mais naquilo que a professora desejava ouvir, do que numa mudança de crença em relação ao tema abordado.

A última avaliação foi a mais extensa, uma vez que contemplou todo o conteúdo referente às Leis de Newton. Esta foi a avaliação com melhores notas, entretanto existem indícios de que os alunos não dominaram o conteúdo, mas estabeleceram um código próprio de resolução baseado naquilo que seria considerado como correto, pela professora.

Entrevista Final

A última entrevista ocorreu após as férias, aproximadamente 45 dias após a última avaliação. Contou com a participação de 23 alunos, onde 5 participaram pela primeira vez. O tipo de resposta fornecida pelos alunos dependeu, de quanto a situação era familiar. Para situações onde havia muita familiaridade, os alunos reconheceram as

interações e forneceram explicações satisfatórias, ainda que superficiais. No entanto, em situações não familiares, o esquema utilizado para explicar aquelas conhecidas não foi acionado, revelando que o esquema newtoniano não foi de fato incorporado.