

## QUATRO PLANEJAMENTOS DA SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA ♦

Oto Borges<sup>a</sup> [oto@coltec.ufmg.br]

A. Tarciso Borges<sup>a</sup> [tarciso@coltec.ufmg.br]

Arnaldo de Moura Vaz<sup>a</sup> [arnaldo@coltec.ufmg.br]

<sup>a</sup> Colégio Técnico e Programa de Pós-Graduação em Educação – Universidade Federal de Minas Gerais

Em trabalhos recentes (Borges, Borges & Vaz, 2001a, Borges, Vaz e Borges 2001a,b) examinamos planos de investigações, elaborados por estudantes de ensino médio, para a resolução de dois problemas práticos distintos. Naqueles trabalhos focalizamos os fatores que foram identificados pelos estudantes como relevantes para o entendimento de cada problema e a qualidade dos planos individuais. Esta era entendida como a potencialidade do plano em elucidar se determinado fator influencia ou não a variável dependente, que em ambos os problemas era um intervalo de tempo. Neste trabalho voltamos a tratar a mesma base de dados empíricos, mas pretendemos analisar com mais detalhes o pensamento dos estudantes em ação, enquanto eles elaboravam um dos planos. Ao fazer isso pretendemos identificar características das formas de pensar dos estudantes e daí retirar conseqüências educacionais para o desenvolvimento e implementação de currículos de ciências que visem tornar mais científicos o pensar e o conhecimento científicos dos estudantes.

Argumentamos que os estudantes demonstram o domínio de um conjunto de regras e procedimentos similares ao que Millar (1991) denomina táticas de investigação. Nós, no entanto, preferimos caracterizá-las como técnicas e métodos de pesquisa, e que em conjunto configuram uma metodologia de investigação de problemas práticos. Aqui entendemos metodologia no sentido usual em que essa palavra é empregada no contexto da pesquisa científica. Mas diferenciaremos a capacidade de usar esta metodologia de forma mais geral e abstrata, da capacidade de objetivá-la em um plano que seja, pelo menos em princípio, implementável. Em outras palavras, distinguiremos o planejamento e o projeto, ou desenho, da investigação. Acreditamos que a capacidade de planejar é muito mais facilmente alcançável do que a capacidade de preparar uma investigação até o ponto de torná-la imediatamente executável.

Entendemos que os estudantes, ao planejarem ou desenharem a resolução de um problema prático, o fazem utilizando um estilo de abordagem de problemas práticos. Identificamos dois estilos distintos, mas o uso de um, ou outro não determina ou influencia na qualidade do plano, pelo menos nos casos aqui analisados. Acreditamos que a tomada de certas decisões e a superação de certas dificuldades antevistas no desenho da investigação podem se beneficiar do uso de um dos dois estilos. Ainda que os estudantes não demonstrem ter consciência do estilo que empregam, tentaremos sustentar que para nós os estilos são funções gerais educáveis e que ajudar aos estudantes a desenvolverem estilos de abordagem e a se conscientizarem de seus processos de trabalho é uma meta curricular importante.

Nossos resultados mostram que os estudantes não dominam com segurança o raciocínio baseado em evidências e, pelo menos, um dos modelos básicos da Física, ensinados no nível Médio da Educação Básica. Isso traz várias implicações educacionais e curriculares: afirmamos que não é somente necessário fazermos a opção por um conjunto menor de modelos da Física como elementos essenciais do currículo do ensino médio, mas também, que é necessário alterar o foco e a forma de se desenvolver atividades de ensino se, de fato, pretendemos implementar currículos que promovam o desenvolvimento do pensar e do pensamento científicos.

## CONTEXTO DA PESQUISA

O ensino de Ciências firmou-se como um componente curricular com aceitação e reconhecimento crescentes a partir de meados do século XIX. A introdução de atividades práticas em laboratório nas escolas para crianças ajudou a consolidar a aceitação de ciências como um componente curricular legítimo. Em meados do século XX, e principalmente no clima de reformas educacionais do pós-guerra e dos grandes projetos, firmou-se a convicção entre os educadores em ciências de que o laboratório era um local privilegiado para se aprender ciências. Muitos propósitos educacionais eram e são associados às atividades práticas (Borges, 1997). No entanto, o conjunto de evidências já arroladas pelas pesquisas na área não permite discernir, com clareza, para quais propósitos as atividades práticas funcionam melhor. Grosso modo, podemos afirmar que os pesquisadores se separam entre duas correntes de pensamento: a primeira acredita que as atividades práticas devem ser realizadas principalmente para melhorar o entendimento, pelo estudante, das teorias da ciência ou do conteúdo conceitual das ciências. A outra corrente é formada pelos que acreditam os estudantes devem realizar atividades práticas como meio para desenvolverem habilidades de resolução de problemas práticos científicos (Woolnough, 1991).

A primeira corrente valoriza as atividades práticas a partir de um de um ponto de vista instrumental, enquanto que a segunda o faz a partir de seu caráter formativo, preocupando-se com a capacidade de transferência do aprendido para novas situações. A transferência de habilidades e destrezas práticas específicas, tais como usar uma balança, focalizar um microscópio ou desenhar gráficos não é controversa, mas a existência de habilidades mais complexas ou elevadas, de funções mentais gerais transferíveis ainda é objeto de polêmica.

Millar (1991) discutiu a possibilidade de atividades práticas contribuírem para a aprendizagem dos processos da ciência, entendidos como um conjunto de habilidades gerais, transferíveis entre contextos e conteúdos disciplinares. Na nossa própria realidade educacional, os PCNs listam dentre as competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física, várias que podem ser identificadas como sendo processos gerais das ciências, como por exemplo “*desenvolver a capacidade de investigação Física. classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandezas, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar*” ou ainda “*construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma para outra situação, prever, avaliar, analisar previsões*” (Brasil, 1999: 237).

Millar sustenta que apesar de constituírem um conjunto de habilidades cognitivas gerais usadas rotineiramente por todos os seres humanos, esses processos são habilidades não educáveis. Uma habilidade é educável se seu desenvolvimento na criança, ou sua aprendizagem, pode ser decisivamente influenciado pela ação e pelas escolhas daqueles que ensinam ou educam, principalmente os professores (Adey, 1997). Em um competente argumento, Millar (1991) sustenta que observar é uma habilidade geral, mas que ninguém pode, ou precisa, ensinar a uma criança a observar. No entanto, ele destaca que os resultados da observação são dependentes da teoria, seja ela uma teoria científica já aprendida, uma teoria do senso comum ou mesmo uma teoria de interação social na sala de aula, com a qual o estudante interpreta as orientações escolares e as expectativas dos professores. Portanto, observar não pode ser ensinado, mas fazer observações relevantes pode. De forma análoga, Millar sustenta que a capacidade de classificar é uma habilidade cognitiva fundamental que já se manifesta nas primeiras interações de um recém-nascido com o mundo, e dela dependem todos os processos de aquisição de conhecimentos. Destaca ainda o caráter convencional das classificações científicas, e sua dependência da teoria, defendendo que se pode ensinar a apreciar as classificações que os cientistas usam e suas razões para usá-las. Ainda que não discuta detalhadamente outras habilidades gerais, ele sustenta que a mesma linha de argumentação permanece válida para a capacidade de elaborar hipóteses, previsões e para o teste de hipótese.

Numa direção oposta, Adey (1997) discute possíveis candidatos a funções mentais gerais educáveis, mas não é muito específico ao descrever o que seria uma função geral. Ao contrário, propositalmente ele menciona que os diversos candidatos à função geral são caracterizados de diferentes maneiras pelos pesquisadores: disposições, habilidades, estratégias, estilos, esquemas, entre outros. Adey mapeia as diversas funções mentais em um espaço bi-dimensional, gerado pelos eixos relativos à aprendizagem e desenvolvimento. O desenvolvimento é mapeado através do grau de generalidade que para cada função pode variar continuamente desde o mais específico até o mais geral, segundo sua dependência e aplicação ao domínio, tema, campo, disciplina etc. Já a aprendizagem é mapeada através do grau de educabilidade, uma variável dicotômica: uma função é educável ou não o é. Adey argumenta que é fácil reconhecer-se a existência de funções e disposições não educáveis, algumas específicas como o reflexo de sucção e de pega, outras gerais como o mecanismo básico de processar dados provenientes dos órgãos dos sentidos, ainda que este ponto possa ser questionado baseado em uma perspectiva de cognição situada (Clancey, 1997). No entanto, há um razoável consenso de que algum mecanismo elementar desta natureza deve existir. Todos os demais mecanismos são construções e elaborações feitas a partir deste mecanismo elementar. Quanto às funções educáveis, Adey argumenta que se pode reconhecer a existência de funções específicas que podem ser aprendidas, tais como conhecimentos, habilidades, destrezas, atitudes, comportamentos. A dúvida que persiste diz respeito à existência ou não de funções gerais educáveis. Caso elas existam, a atenção e o esforço dos educadores deve se concentrar nelas, como forma de se obter os mais amplos efeitos do esforço educativo. Alguns resultados das investigações sobre o seu projeto CASE podem ser considerados evidências de que tais funções gerais educáveis existem, segundo o autor.

Se as funções gerais educáveis existem e seu ensino deve ser o foco da atenção dos professores, independente da disciplina que lecionada, então ainda existe um papel para o ensino de ciências enquanto componente curricular que tenha uma contribuição distintiva para

o desenvolvimento e a aprendizagem destas funções gerais? Ele acredita que sim. Ao examinar os possíveis candidatos, Adey admite a dificuldade de conceituar e caracterizar rigorosamente estes constructos propostos e discute cautelosamente cada um deles. Identifica então aquelas que são, ou poderiam ser, mais fácil e fortemente influenciadas pelo ensino de ciências: os esquemas piagetianos e os esquemas pragmáticos de raciocínio, os métodos específicos e fortes de resolução de problemas, as estratégias de aprendizagem e os estilos de aprendizagem.

Adey trabalha com uma noção de estilo de aprendizagem como peculiaridades interligadas da personalidade do indivíduo, que o predispõe a aprender mais efetivamente através de imagens, de sentenças, holística ou analiticamente. A pesquisa sobre estilos é mais antiga e rica. Uma revisão sucinta pode ser encontrada em Sternberg (1997). Há pesquisas sobre estilos cognitivos, sobre estilos da personalidade, sobre estilos centrados na atividade, como os estilos de aprendizagem e de ensino. A idéia básica, em todas elas, é que estilos não são habilidades: os estilos têm uma natureza bipolar, enquanto que habilidade é unipolar. Além disto, estilos não são únicos: cada indivíduo possui um perfil de estilos. Estilos são preferências, mas preferências profundamente enraizadas na mente.

Estamos interessados em estilos centrados na atividade. Estamos propondo a existência de dois estilos de abordagem de problemas científicos ou tecnológicos, sejam eles formulados como problemas práticos, ou como problemas teóricos. No caso de problemas científicos ou tecnológicos, formulados como problemas práticos ou experimentais, tais estilos se realizam como um pensar baseado na modelagem teórica ou como um pensar baseado em metodologia para solução empírica de problemas.

A existência de estilos de entendimento de problemas práticos foi sugerida por White (1991). Ele sugere a existência de dois estilos de entendimento de eletricidade usados por estudantes: um deles caracterizado pelo entendimento com base apenas em proposições sobre circuito, dispositivos e conceitos de eletricidade, mas sem qualquer base fenomênica para suportar tais entendimentos. Um estudante que usa o segundo estilo é capaz de narrar detalhadamente sua experiência prática e concreta com motores elétricos de bicicleta, eletricidade de automóveis e reparos domésticos, entre outras. No entanto, ele apenas é capaz de lembrar umas poucas proposições sobre este domínio conceitual. Bruner (1998) também sugere a existência de estilos de abordagem de situações problemáticas ao descrever as diferenças entre os grupos que constituíam os dois seminários que mantinha sobre narrativas literárias e psicologia. Um dos grupos, dominado por psicólogos, baseado na New School for Social Research, preferia trabalhar “de cima para baixo”, partindo de uma teoria sobre a história, sobre a mente, sobre escritores e sobre leitores, escrutinando os textos em busca de exemplos, e às vezes, de contra-exemplos, do que se imaginava ser a explicação correta. O outro grupo, no entanto, formado por dramaturgos, romancistas, críticos e editores, era baseado no New York Institute for Humanities. Este grupo preferia adotar uma abordagem “de baixo pra cima”, concentrando-se em uma obra em particular, fosse uma história, um romance, um poema, e tratavam de reconstruí-la ou de desconstruí-la, em busca das teorias implícitas, ou seja, lendo um texto em busca de seus significados. Esse grupo manifestava a característica de não abrir mão de uma orientação teórica, seja de teoria da psicanalítica, de uma teoria ou filosofia da lingüística. Mas sua lealdade não era à teoria, antes ao próprio texto. Ou seja, os membros não estavam buscando evidências que provassem a teoria, mas

sim comprometidos em explorar um mundo criado pela obra literária. Já o primeiro grupo mantinha uma lealdade básica para com a teoria, ou seja, seus membros partiam exatamente do compromisso oposto: eles liam o texto em busca de evidências para sustentar ou refutar uma certa hipótese teórica sob avaliação.

Mais recentemente, Frota (2001) identificou dois estilos de aprendizagem em Cálculo: um orientado pela teoria e outro orientado pela prática. Em ambos os estilos há decisões baseadas em teoria e decisões baseadas na experiência, ou vivência prática, e a ação oscila entre um e outro tipo de decisão. O que caracteriza cada estilo é a hegemonia de uma forma de aprender sobre a outra: em sua pesquisa Frota identificou estudantes que exibem a hegemonia da aprendizagem teórica e estudantes em que há predominância da aprendizagem orientada pela prática. No primeiro caso, quando o fluxo da ação atinge um ponto de paralisação, o estudante retorna ao estudo da teoria em busca de uma pista para solucionar o problema. Já os estudantes orientados pela prática, na mesma situação, retornam aos exercícios em busca de pistas que tenham o mesmo efeito. Em qualquer dos casos, a investigação pode levar o estudante a examinar exemplos ou explicações teóricas. O que é fundamental para se caracterizar cada estilo é o sentido do movimento da ação. Em outras palavras, torna-se necessário examinar a lealdade básica do estudante à sua fonte de conhecimento: aprender pela experiência de fazer ou aprender pelo desbravar de uma articulação rigorosa de conceitos e idéias.

A análise dos casos apresentada a seguir pretende constituir-se em evidência de que os estilos de abordagem de problemas práticos também existem. Como argumentamos, entendemos que estilos são funções mentais gerais e educáveis.

## **METODOLOGIA**

Os dados foram coletados em outubro e novembro de 2000, através de um conjunto de atividades de elaboração de um planejamento de uma investigação no laboratório. As atividades envolveram os alunos na solução de dois problemas práticos, o problema do Tempo de Queda (P1) e do Tempo de Escorregamento (P2). Estes problemas foram enunciados como mostra o quadro 1. Eles foram escolhidos por razões distintas: o primeiro deles envolvia o efeito de atrito viscoso, um tópico que não consta do currículo de física para o ensino médio. No entanto, este tópico havia sido brevemente discutido em uma atividade prática anterior que investigava o comportamento de pêndulos. O segundo problema foi definido após uma avaliação de que P1 era um problema difícil, com uma estrutura complexa de variáveis, de forma que os alunos não deveriam ter conhecimento escolar muito estruturado sobre ele. Além disso, o número de variáveis que os alunos deveriam identificar e planejar como investigá-los era grande. Em vista disso, o planejamento da solução de P1 poderia não revelar muito sobre o que os estudantes faziam ao planejar sua investigação. Optamos por apresentar como segundo problema uma situação-problema mais simples, envolvendo um número pequeno de variáveis e sobre a qual fosse mais provável dos alunos disporem de um entendimento teórico mais desenvolvido.

As atividades foram propostas para todas as turmas da terceira série da escola, como parte integrante de sua formação, em continuidade à seqüência de atividades que já estávamos

desenvolvendo desde o início do semestre letivo. No início do ano letivo, havíamos conduzido uma série de atividades de investigação de problemas experimentais, com o foco na realização da atividade experimental e decisão sobre a solução do problema. As atividades de planejamento da solução dos problemas P1 e P2 não foram propostas aos alunos como atividades especiais para pesquisa. No entanto, eles foram comunicados de que estaríamos registrando e analisando essas atividades para nosso estudo. O tema geral do estudo foi anunciado, mas não o nosso foco específico. Os alunos não estavam a par dos aspectos que analisaríamos. Solicitamos que cada estudante respondesse a um questionário que tratava de vários aspectos, incluindo em que escola havia estudado anteriormente e suas opiniões sobre os o curso de física, a escola atual e o ato de estudar. Como de praxe, foram dadas as necessárias garantias de anonimato, bem como, foi solicitado o consentimento dos alunos. Das sete turmas que participaram das atividades, selecionamos três para análise. Cada um dos autores lecionava então para uma das turmas. No total, 73 estudantes estiveram envolvidos nas atividades, resultando em 66 planos para P1 e 64 planos para P2. Essa diferença se deveu a estudantes que estiveram ausentes nos dias em que as atividades foram realizadas.

#### **Quadro 1 – Problemas práticos propostos na atividade**

<p style="text-align: center;"><b>Problema 1 – Tempo de queda</b></p> <p>Um tubo de vidro, longo (<math>\pm 1,2</math> m de comprimento e aproximadamente 4,0 cm de diâmetro), contém um líquido transparente.</p> <p>Pretendemos deixar cair uma esfera dentro do tubo e medir o intervalo de tempo necessário para que ela percorra todo o tubo.</p> <p>Que fatores, em sua opinião, irão influenciar no tempo de queda da esfera?</p> <p>Descreva o seu plano para testar sua resposta acima no laboratório. Forneça detalhes práticos de seu plano. Mencione os materiais e equipamentos que você utilizaria.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Problema 2 – Tempo de escorregamento</b></p> <p>Blocos, todos na forma de paralelepípedos, de diversos materiais e dimensões, escorregarão por uma rampa inclinada feita de fórmica e que possui um comprimento fixo.</p> <p>Que fatores, em sua opinião, irão influenciar no tempo escorregamento do bloco?</p> <p>Descreva o seu plano para testar sua resposta acima no laboratório. Forneça detalhes práticos de seu plano. Mencione os materiais e equipamentos que você utilizaria.</p> <p>Inclua detalhes sobre como registrar os dados e como analisá-los.</p>

Esses problemas foram apresentados aos alunos em uma seqüência de atividades práticas. A primeira atividade descrevia sucintamente o problema prático e solicitava que cada aluno elaborasse um plano para resolver o problema P1. Nesta atividade coletamos apenas os planos individuais. A segunda atividade, os alunos formaram grupos de 3 ou 4 alunos e receberam os planos individuais elaborados anteriormente. Eles leram seus planos individuais para o grupo e, após a leitura, o grupo discutiu se cada plano permitiria que fossem obtidas todas as informações que o seu autor julgou importantes para resolver a questão. Em seguida, discutiram como o grupo manipularia ou interpretaria tais informações caso tivesse acesso a elas.

Em seguida solicitamos que o grupo elaborasse um novo plano e alertamos que eles deveriam considerar algumas questões instigadoras apresentadas no quadro 2. O grupo deveria apresentar uma descrição do plano de forma que outro grupo conseguisse executá-lo independentemente. Os alunos tiveram 100 minutos para realizar essa atividade. Coletamos os planos elaborados em grupo. Em cada uma das três turmas selecionadas para estudo, um grupo teve todas as discussões dessa fase registradas em áudio. Neste caso, um dos pesquisadores monitorou o trabalho do grupo e interferiu, principalmente para esclarecer aspectos do pensamento dos alunos, enquanto o professor acompanhou o restante da turma.

### **Quadro 2 – Questões instigadoras para a formulação do planejamento**

1. Que informações são importantes para solucionar o problema?
2. Como elas podem ser coletadas?
3. Como devem ser registradas?
4. Como interpretar ou manipular as informações para solucionar o problema?
5. Que critérios podem ser usados para decidir se um fator influencia ou não na solução do problema?

Na terceira atividade, também realizada em grupos, disponibilizamos um conjunto de tabelas com resultados, que obtivemos por simulação. Solicitamos que inspecionassem as tabelas, com os ‘resultados experimentais’ e selecionassem aquelas que contivessem dados que o grupo planejou coletar. Caso algum dado desejado pelo grupo não estivesse entre os fornecidos, ele deveria solicitá-lo ao professor que lhe informaria da viabilidade ou não de se obter tal dado. A questão proposta ao grupo era como ele pretendia transformar os dados conseguidos em evidências, a favor ou contra, suas hipóteses. E finalmente, solicitamos que o grupo, após a análise dos dados, decidisse sobre qual era o status de certeza que ele atribuía a cada uma das suas hipóteses. Nesta atividade coletamos as análises elaboradas pelos estudantes.

Finalmente, na quarta atividade propusemos o problema do tempo de escorregamento, P2 para os estudantes, solicitando que elaborassem individualmente um plano para resolvê-lo. As instruções foram similares à da atividade 2, com a diferença de que as questões instigadoras precediam a apresentação do problema prático. Após elaborarem os planos individuais, eles deveriam elaborar um plano coletivo, novamente em grupos. Coletamos os planos elaborados.

## **QUATRO CASOS**

Enquanto analisávamos os planos na primeira fase de análise de dados, focalizamos os fatores que os estudantes identificavam como relevantes e a qualidade do plano de investigação elaborado por eles. Enquanto fazíamos aquela análise, fomos destacando alguns planos que despertavam a nossa atenção. Pudemos constatar abordagens inesperadas ou criativas adotadas pelos alunos em seus planos. Notamos também a seleção de fatores não usuais por parte deles, além de peculiaridades na forma como alguns planos foram relatados. Mesmo o grau de detalhe na sua elaboração tornava alguns desses planos suficientemente interessantes para que os marcássemos para nova análise posterior. Quando os re-analisamos

mudamos o foco de nossa atenção, buscando então identificar a forma do estudante pensar. Para fazer isso, optamos por analisar os planos e tentar elaborar pequenos relatos detalhados e interpretativos sobre cada um deles. Não temos como contrastar nossas interpretações com outros dados relativos à mesma situação. No entanto, procuramos sempre deixar claro o que é interpretação e em que indícios e dados ela se baseia. Para o presente trabalho nós analisamos os planos individuais relativos ao problema 2. Dentre os casos analisados, selecionamos quatro para apresentar aqui. Eles contêm elementos que nos permitiram elaborar sobre os pontos anunciados.

### **A solução da aluna Cíntia**

Dentre os fatores que potencialmente influenciariam o tempo de escorregamento, a aluna lista um conjunto redundante e sobre-especificado de fatores. Ela menciona, por exemplo, a massa e o peso do bloco. Menciona ainda alguns fatores que não são diretamente observáveis. Do seu plano podemos depreender que a aluna sabe que massa e peso são interligados pela expressão  $P=mg$ . Aparentemente, ela entende que a aceleração da gravidade é um fator fixo já determinado. Assim, como interpretar essa sobre-determinação de fatores? Será que ela julga que precisa explicitar todas as variáveis que poderiam aparecer no modelo matemático do problema?

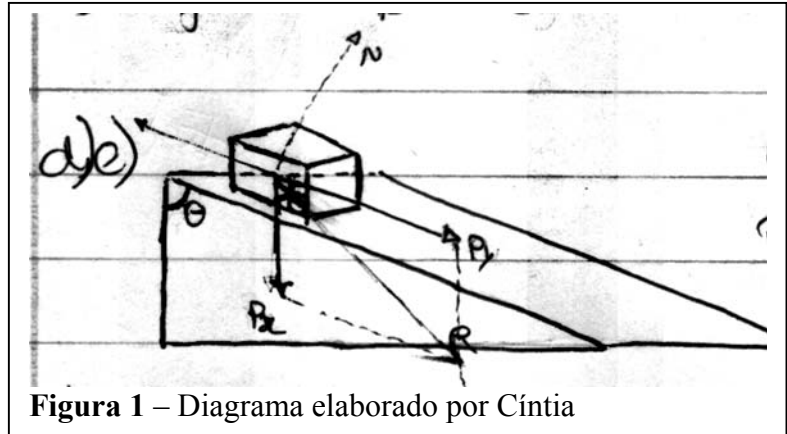
Ao descrever como coletar os dados, ela julgou suficiente associar cada fator ao instrumento de medida a ser utilizado. Por exemplo, *“inclinação da rampa: isso pode ser feito com o auxílio de um transferidor”* ou, ainda, *“massa dos blocos: utiliza-se uma balança”*. A aluna trata regras e procedimentos para coletar os dados como sendo não-problemáticos ou não-explicítáveis à priori. Podemos interpretar isso como uma manifestação de seu julgamento de que sabe como proceder para coletar tais dados, ou então, como uma manifestação de que ela julga que aprenderá como coletá-los somente através da própria coleta. Alternativamente, podemos interpretar que ela trabalha com conhecimentos já encapsulados. É como se, após tatear em busca dos procedimentos para realizar medidas, ela colapsasse o processo heurístico em um par associativo. Ou seja, é como se ela raciocinasse num esquema similar ao funcionamento do programa SOAR, proposto por Rosenbloom (Gardner, Kornhaber e Wake, 1998:200). Podemos ainda admitir outras interpretações. Primeiro, podemos interpretar que, para Cíntia, o conhecimento necessário para realizar as medidas é semelhante ao conhecimento tácito de que fala Polanyi (1967). Senão, interpretar que ela age como se o conhecimento de que necessita é algo como o conhecer-em-ação de que fala Schön (1987).

Acrescente-se, entretanto, o seguinte. Primeiro, os indícios de que Cíntia trata a operação dos instrumentos como não-problemática são lingüísticos: ela põe verbos na voz passiva (*“utiliza-se”*) e na forma composta impessoal (*“pode ser feito”*). Segundo, não temos como afirmar que ela trata esses conhecimentos por um lado como já aprendidos, construídos, experimentados ou realizados, ou por outro lado, como algo que se aprende no próprio ato de sua execução, como o conhecer-em-ação proposto por Schön (1987).

Destacamos que a aluna não indica como coletar dados sobre a aceleração dos blocos na descida da rampa, nem os dados sobre o coeficiente de atrito. Interpretamos isso como um sinal de que ela, no momento em que redigiu essa resposta, se deu conta de que a aceleração



do bloco ao descer a rampa não é diretamente mensurável, ou pelo menos ela não conhecia ou se lembrava do procedimento para fazê-lo. Assim, parece que seu modo de pensar foi se alterando enquanto redigia. Isto é, foi no momento do registro que ela vislumbrou uma solução para o problema e tentou explicitar uma solução.



**Figura 1** – Diagrama elaborado por Cíntia

Ao fazê-lo, ela percebe que não havia estruturado o problema de forma completa. Ao explicitar o fator, colocar os dois pontos e deixar em branco, ela dá indício de espanto, de uma possível reformulação da solução, ou de uma esperança de conseguir voltar e superar sua dificuldade. No entanto, vale notar que ao perceber a lacuna ela não se imobiliza. Este nos parece um sinal de que enquanto redigia Cíntia já havia concebido uma solução global para o problema que lhe propusemos.

Ao responder como interpretar ou manipular as informações para solucionar o problema, a aluna desenha um bloco na rampa e representa as forças que atuam sobre ele. O diagrama de forças, ainda que incorreto, contém quase todos os elementos do diagrama clássico do plano inclinado apresentado nos livros didáticos. Algumas das forças representadas não estão identificadas (ver Figura 1). O desenho do diagrama nos dá várias pistas para as dificuldades da aluna. Ele é um indicador de que Cíntia já sabia qual é o esquema teórico adequado para tratar o problema e também é um indicador de que ela não domina completamente esse modelo. Ela possui tanto percepções corretas quanto equivocadas, e entendimentos que são parcialmente corretos e parcialmente incorretos, ou pelo menos são entendimentos insuficientes. Ela utiliza conscientemente o símbolo  $P_x$  para identificar o peso do bloco. Representa o peso do bloco como uma força vertical para baixo. Ela identifica a reação normal  $N$  e a representa corretamente. Ela indica a existência de uma força paralela à rampa, que denomina  $P_y$ , que não consegue identificar ou denominar. Ela indica que o ângulo entre  $P_x$  e  $P_y$  é congruente com o ângulo entre a vertical e a base do plano; uma representação que não é usual. Interpretamos tal identificação como um sinal de um entendimento pessoal e autêntico da situação representada no diagrama por parte da Cíntia.

Ela também não conseguiu identificar a força de atrito que, no entanto, está representada corretamente – paralela ao plano e para cima. Ela compõe a força  $P_x$  com  $P_y$ , e identifica essa composição como uma força resultante  $R$ , mas não consegue identificar que força é essa. Como interpretar esse erro? Por um lado, ela sabe qual é o esquema teórico adequado para lidar com o problema e tem noção dos elementos que devem estar presentes no diagrama, mas mesmo assim produz um diagrama errado. O erro consiste em não adotar um sistema de eixos ortogonais posicionado com um dos eixos paralelo à rampa. Consideramos que Cíntia percebia algo de errado no diagrama, mas não conseguiu superar essa dúvida. Os indícios disto são sua hesitação em atribuir um significado a  $P_y$  e sua omissão em identificar a força de atrito. Por outro lado, chama atenção o fato de que ela sente necessidade de desenhar a rampa tridimensionalmente e não na forma usual de um diagrama plano. Acreditamos que

Cíntia esbarra em uma conceitualização fragmentada da situação, desencadeada por percepções incompletas do diagrama exibido como exemplar clássico no livro, ou no quadro-negro. Em particular, tendemos a acreditar que ela não percebeu corretamente o sistema de eixos rodados e não conseguiu elaborar uma conceitualização correta de porquê fazê-lo. Foram poucos os alunos que desenharam o diagrama, e nenhum outro o desenhou tridimensionalmente, como Cíntia.

Cíntia era uma estudante muito tímida: não solicitava o professor para esclarecer dúvidas, preferindo consultar os colegas. Por outro lado, Física não era sua matéria preferida. Finalmente cabe observar que a estudante se guiou pelas perguntas instigadoras que sugerimos aos alunos considerar antes de elaborar o plano. Ela trata as duas últimas questões de forma global: “como interpretar e manipular as informações para solucionar o problema?” e “que critérios podem ser usados para decidir se um fator influencia ou não na solução do problema”? Ela esboça o diagrama discutido, descrevendo uma forma de proceder geral e vaga. Aparentemente, ela sabe que é assim que se faz, mas não sabe exatamente como, ou se sabe, não julga necessário explicitar isso. Ela também não consegue explicitar nenhum critério de decisão.

### **Estevão: uma solução guiada pela prática**

Estevão foi um aluno com desempenho acima da média nos testes de Física, revelando facilidade de aprender e de resolver exercícios típicos de livros textos. Ao longo do ano, também manifestou inquietações acerca do entendimento do mundo, demonstrando uma vívida curiosidade pelas imagens mais instigantes divulgadas pela mídia ou pelas evocações dos aspectos mais contemporâneos da Física e da Tecnologia. Tal perfil alimentou a expectativa de que, frente a um problema científico experimental, Estevão exibiria um pensar orientado pela especulação teórica. Tal não se sucedeu. Estevão parece guiado por um princípio de economia cognitiva e desenvolve um pensar guiado por uma forma de proceder experimental.

Seu plano para solucionar o Problema 2 revela domínio sobre o controle de variáveis e um método que é capaz de permitir uma decisão informada sobre a hipótese, ainda que sua hipótese possa ser descartada por considerações teóricas. Como Cíntia, Estevão foi guiado pelas perguntas instigadoras contidas no roteiro. Mas, contrastando com ela, não responde tais questões diretamente. Ele as usa ao elaborar o seu plano. Este parece revelar que ele sabia, desde o início, como resolver o problema e como explicitar, de forma algorítmica, os procedimentos a serem seguidos.

Ele inicia seu plano identificando os fatores que alterariam o tempo de escorregamento do bloco pela rampa. Ao identificar o fator “*material de que é feito o bloco*”, Estevão escreve “*diferentes superfícies de contato*”, entre parênteses. Consideramos isso uma evidência de que o aluno sabe que diferentes materiais escorregarão diferentemente pela rampa fixa, o que deverá levar a tempos distintos de escorregamento. Mas, pelo que pudemos inferir, o conhecimento aqui empregado é um conhecer-na-prática. Isto é, trata-se de um conhecimento apenas funcional e não aquele da teoria clássica de atrito. Essa, portanto, seria uma indicação de que ele está orientado por um princípio de economia cognitiva: usar a menor quantidade de recursos e energia, para conseguir resolver o problema. Ao que nos parece, caso Estevão

estivesse com sua atenção voltada para a teoria clássica de atrito, ele mencionaria a rugosidade das superfícies e, provavelmente, julgaria necessário controlar esse aspecto. Há ainda uma segunda evidência de que ele não está orientado pela teoria clássica do atrito seco. Estevão se refere à área de contacto como um dos fatores que afetariam o tempo de escorregamento.

Finalmente, em seu plano não há qualquer elemento que permita inferir que ele conhecia a solução do problema do plano inclinado. Ele não fez nenhum diagrama, nem formulou qualquer argumento de natureza teórica. No entanto, pelo seu histórico e desempenho em física podemos afirmar que ele conhecia - e conhecia bem - a solução do problema do plano inclinado. Além de um bom perfil de desempenho, Estevão estudou a física do plano inclinado em duas séries distintas; inclusive na série em que estava. O que é mais um indício de que ele não pensava orientado pela teoria, mas sim pela prática. Acreditamos que esse modo de pensar foi propositalmente escolhido, o que justifica nossa interpretação de que ele estava lançando mão, ainda que inconscientemente, de um princípio de economia cognitiva.

Ao listar “a dimensão do bloco” como fator interveniente no tempo de escorregamento, Estevão esclarece que se tratava da “*massa*”. Aqui parece que ele usa tacitamente seu conhecimento de densidade: quanto maior o bloco maior a sua massa. E esse é um outro indício de que ele não recorre à solução teórica do problema. Acreditamos que a melhor maneira de interpretar esse comportamento é reconhecer que ele não focalizou sua atenção na solução teórica do problema. Por que ele não fez isso? Foi realmente guiado pelo princípio da economia cognitiva? Parece que ao decidir pelos fatores que influenciariam o tempo de escorregamento, ele usou seus conhecimentos da vida prática e uma visão do funcionamento do aparato colocado a sua disposição: só a inclinação da rampa pode mudar pois ela é feita de fórmica e a tem comprimento fixo. Isso é um indício de que sua solução é delimitada pelos vínculos situacionais. Talvez a característica de Estevão seja uma focalização intensiva à tarefa proposta ou, dito de outra forma, um hiper-realismo no que se refere à tarefa.

Uma vez elaborada a hipótese de que o tempo de escorregamento dependeria de quatro fatores, Estevão traçou um plano adequado, direto e econômico. A sua descrição do plano é algorítmica e detalhada. Ele prescreve o instrumento que deve ser utilizado e o número de vezes que cada medida deve ser repetida, como lidar com os dados e especifica um critério de decisão: “*verificaremos se existiram diferentes tempos de queda*”.

Ao final do plano ele alerta que todas as medidas devem ser feitas pela mesma pessoa de “*forma que o tempo de reação não seja tão relevante no experimento*”. Essa menção remete a uma discussão feita em uma seqüência de ensino anterior, na qual o tempo de reação e a sua influência na medida de tempos curtos foram discutidos.

### **Fábio: a teoria comanda as ações**

Fábio foi um excelente aluno de Física. Um daqueles que resolvia todos os problemas de final de capítulo, interessado em teoria, mas focalizado nas demandas escolares e nos aspectos mais “técnicos”: não era particularmente curioso, nem revelava uma ampla cultura científica. Fábio também se guiou pelas perguntas instigadores quando elaborou seu plano.

Ele as utilizou como um organizador de um roteiro, uma seqüência de procedimentos. Seu plano fornece claras evidências de que seu pensar era orientado pela teoria. Apesar disto, ele tem limitações e dificuldades em expor por escrito o seu raciocínio.

Ele identificou apenas dois fatores que influenciariam o tempo de escorregamento: o atrito e o ângulo de inclinação. Note-se que ele não se refere ao coeficiente de atrito, mas ao atrito, de forma geral. Ao descrever o seu plano ele inclui um procedimento “*para se estabelecer se o tempo de queda é influenciado c/ (sic) a dimensão do bloco*”. Depreende-se de seu plano que ele inicialmente imaginou que o atrito influiria de duas formas. Quando a inclinação é tal que o bloco fica parado, o atrito é estático. Quando a inclinação é suficiente para o bloco escorregar, o coeficiente de atrito cinético influencia no tempo de escorregamento. E este por sua vez dependeria também do valor da inclinação. Aparentemente, portanto, Fábio entende bem a situação posta pelo problema experimental. Contudo, ele parece não ser capaz de identificar o que é causa e o que é consequência. A existência de um ângulo mínimo pode ser entendida como sendo devido à existência do atrito estático, e é por isso mesmo que essa inclinação mínima funciona como uma evidência da existência do atrito estático.

Como primeiro elemento de seu plano, Fábio apresenta um diagrama esquemático do plano inclinado. Neste diagrama, ele representa as forças que atuam sobre o bloco (fig. 2). Trata-se do diagrama padrão. Como primeiro procedimento experimental, ele descreve o método clássico de se determinar o coeficiente de atrito estático prescrevendo que se determine o coeficiente de atrito para cada bloco, fixando as dimensões e variando os materiais. Duas coisas se sobressaem neste momento: primeiro a palavra (aumentando) colocada sobre a frase para indicar em que sentido a inclinação deve ser variada. Isso é indicativo de um comportamento cuidadoso e revela que ele sabia o que deveria ser feito e como deveria ser feito. O segundo aspecto é a menção às dimensões do bloco. Há então uma aparente recaída na concepção de que o atrito depende das dimensões do bloco. Mas isso pode ser um efeito da forma como o problema experimental foi formulado. Por outro lado, ambos os detalhes são também indícios de um refletir-em-ação e de uma re-elaboração contínua da solução, em múltiplos ciclos de elaborar e reexaminar a solução.

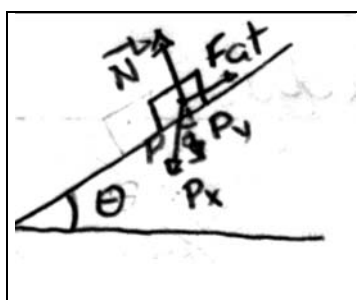


Figura 2 – Diagrama desenhado por Fábio

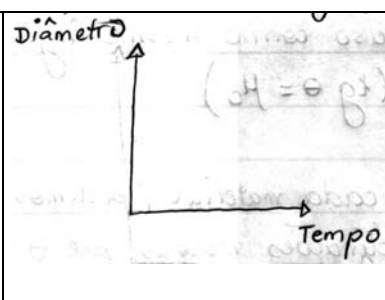


Figura 3 – Esboço de gráfico elaborado por Fábio

Dimensão : X	
Material	$\theta$ MEDIO

Figura 4 – Esboço de tabela elaborado por Fábio

Como elemento seguinte de seu plano, Fábio apresenta sugestão de como analisar e tirar conclusões: “se observarmos que os blocos de mesmas dimensões e diferentes materiais não saem do repouso com o mesmo ângulo, veremos que a inclinação influencia ( $\tan\theta = \mu_c$ )”.

Há um pequeno erro - ele escreve  $\tan\theta=\mu_c$  e não  $(\tan\theta=\mu_e)$  como deveria- o que aparentemente não revela nada mais que a dificuldade intrínseca da simbologia utilizada. Não achamos o erro relevante no raciocínio do aluno, mas é surpreendente a conclusão que ele tira da situação hipotética: onde deveríamos concluir que o material influenciaria, ou que o coeficiente de atrito influenciaria, ele conclui que a inclinação influenciaria, invertendo causa e efeito. Há aqui o deslocamento da atenção mental do coeficiente de atrito para fixar-se na inclinação da rampa, o deslocamento do foco da atenção do abstrato e intangível para o concreto e manipulável.

Para verificar a influência da inclinação da rampa sobre o tempo de escorregamento, Fábio descreve um procedimento de se medir o tempo de escorregamento para inclinações maiores que a inclinação crítica. Sua meticulosidade lhe permite ser capaz de recomendar que o bloco seja colocado na rampa após ajustar-se a inclinação dela, mas falha ao não perceber que ele precisa fixar o coeficiente de atrito, fixando-se o bloco. A seguir, cristalizando a involução da solução teórica clássica para uma concepção de atrito dependendo das dimensões, descreve um procedimento *“p/ se estabelecer se o tempo de queda é influenciado c/ a dimensão dos blocos”*. O procedimento é engenhoso, do ponto de vista teórico: se blocos de mesmo material, mas de diferentes dimensões tiverem inclinações críticas diferentes, isso significa que eles teriam diferentes coeficientes de atrito estático, mas Fábio imagina que a diferença é no coeficiente de atrito cinético. Aparentemente, a preocupação de Fábio é com o coeficiente de atrito cinético. Aqui talvez possa inferir que ele não se deu conta de que no ângulo crítico a velocidade média de descida da rampa é determinada apenas diferença entre o coeficiente de atrito estático e cinético. Na verdade, tudo leva a crer que Fábio espera uma dependência do coeficiente de atrito cinético com a área de contacto. Logo em seguida, Fábio descreve como fixar as dimensões dos blocos e variar o material de que eles são feitos para verificar o efeito do coeficiente de atrito cinético sobre o tempo de escorregamento.

Fábio termina essa seção do plano prescrevendo que sejam realizadas “n” medidas em cada tópico e *“registrar apenas o valor médio e o erro percentual”*. Prossegue respondendo às questões instigadoras. Nisto, ele revela uma compreensão global do que deve ser feito e um recitar acrítico de regras de boa prática, mas cuidando de dar exemplo do que quer dizer. Assim recita *“quantitativamente, devem-se fazer gráficos para fazer conclusões”* e exemplifica com o diagrama mostrado nas figuras 3 e 4. Observe que ele menciona o diâmetro no eixo vertical, o que revela ser o diagrama um elemento geral e abstrato do pensamento e não uma “instancialização”, uma objetivação de um modo específico de pensar.

### **Renata: novamente a teoria no comando**

O plano de Renata é diferente de todos os demais. Ela respondeu às questões instigadoras de forma genérica e depois elaborou o plano detalhado. Ele apresenta alguns elementos distintivos como, por exemplo, a explicitação de critérios de decisão e a qualidade da redação, muito acima da média. Renata tem um conhecimento geral do processo de investigação, mas lhe faltam conhecimentos teóricos específicos sobre o conteúdo do problema e conhecimento geral sistematizado.

Ao responder a primeira pergunta instigadora, ela apresenta boas descrições dos fatores que influenciariam o tempo de escorregamento: *“o ângulo de inclinação da rampa*

*com a horizontal e a altura da qual o bloco é liberado na rampa*". Os fatores que ela aponta são a massa, o coeficiente de atrito estático, o ângulo de inclinação e a altura. Não menciona as dimensões do bloco ou uma possível dependência do atrito com a área de contacto.

A segunda pergunta instigadora refere-se à maneira como as informações relevantes podem ser coletadas. Ela responde propondo um instrumento ou processo, mas sem apresentar uma descrição de como usar os instrumentos. A estudante pensa que a forma de usar os instrumentos já fosse conhecida ou então passível de ser aprendida de forma não problemática. No entanto, ao descrever como coletar dados sobre o coeficiente de atrito estático, ela propõe um processo que revela falta de conhecimento teórico sistematizado. Segundo ela *"o coeficiente de atrito é coletado traçando-se a normal do bloco e calculando o peso desse"*. Em seu plano ela dá uma pista do que está pensando, ao acrescentar *"meça (com o auxílio da fórmula  $F_e = \mu_e N$  e com a decomposição do peso nas componentes  $P_x$  e  $P_y$ ) o coeficiente de atrito estático"*. Ela não se deu conta de que não havia determinado o valor da força de atrito estático. Mas esse equívoco serve para identificar o esquema com que ela estrutura o problema. Renata é orientada pela teoria clássica do atrito e pelo tratamento clássico nos livros-texto.

Renata responde à terceira questão instigadora exibindo o fenômeno da recaída do esquema clássico, passando a admitir a necessidade de se testar a influência do material e das dimensões dos blocos. Ela adota um padrão combinatório complicado propondo testar as relações (t,  $\mu$ ), (t, material), (t, dimensões) e finalmente (t, material, dimensões). Apesar disto Renata revela ter um entendimento claro sobre como controlar variáveis.

Renata responde de forma genérica a quarta questão instigadora: *"pela inspeção das tabelas o observador pode estabelecer as relações e identificar a influência dos diversos fatores"*. Ao responder sobre os critérios para se decidir se um fator influencia ou não no tempo de escorregamento, responde: *"a grande diferença entre os tempos de queda utilizando como base o fator que deseja-se provar a influência"*.

A seguir Renata esboça o seu plano, no qual enumera os mesmos fatores já identificados, sem a "recaída" na possibilidade de que a área de contacto influencie no atrito. Ela enumera uma lista de materiais e equipamentos e descreve procedimentos na forma de regras típicas de roteiros de atividades práticas. Ela propõe as informações sejam coletadas em 8 tabelas, agora incorporando o teste da possível influência do material e das dimensões dos blocos. Seu plano revela que ela tem um conhecimento operacional sobre como controlar variáveis. Revela que um conhecimento detalhado e sistematizado não é necessário pra que o aluno consiga resolver completamente o problema proposto. Revela que o pensar orientado pela teoria e pelos modelos teóricos dos livros não depende do conhecimento teórico relativo à situação investigada. E finalmente revela que Renata tem consciência de que as relações entre as variáveis e a decisão sobre que fatores influenciariam no tempo de escorregamento seriam detectadas pela inspeção das tabelas, e ela sabe como fazer isso.

Do ponto de vista de desempenho em Física, Renata nunca se destacou, sempre foi uma aluna dedicada mas com desempenho mediano, sem apresentar nada de especial ou característico.

## DISCUSSÃO

Os quatros planos relatados podem ser considerados indícios de que o desempenho global em Física, a motivação geral para estudar a disciplina e o conhecimento prévio relativo à situação investigada não afetam a elaboração de um plano consistente para investigar um problema prático. Em trabalho anterior (Borges, Borges e Vaz, 2001) mostramos que pelo menos 35 entre 64 estudantes foram capazes de formular um plano considerado adequado para investigar a hipótese. Ou seja, os estudantes ao final do ensino aparentemente são capazes de elaborar um plano consistente. Mas estes planos são elaborados como a aplicação de uma metodologia geral e pouco específica para a situação. De uma forma geral, eles elaboram um plano especificando alguns fatores, propondo um experimento com controle de variáveis, prescrevendo que os dados devem ser anotados em tabelas e que se deve fazer gráficos para se analisar e tirar alguma conclusão. Apresentamos evidências de que, sem se perguntarem se de fato é necessário “anotar dados em tabelas”, alguns alunos elegem isto como um procedimento geral em problemas práticos. Quanto a traçar gráficos, eles pensam nisto de uma forma genérica. Pensam em gráficos como um instrumento para expor relações. Os associam, portanto, a toda investigação experimental como um método geral que resolve o problema. Não parecem concebê-los, portanto, como uma das táticas de investigação, como Millar (1991), por exemplo, os descreve.

Por outro lado, os estudantes às vezes fazem como Cíntia ou como Renata. Eles propõem que se meça certas variáveis, sem saber como fazê-lo ou mesmo se são variáveis passíveis de medição. No caso de Cíntia, ela não fica paralisada ao identificar grandezas que não sabe como medir. Prossegue na elaboração de seu plano. Isso nos sugere a necessidade de distinguir entre duas situações diferentes de planejamento de uma investigação. Por um lado há a elaboração de um plano geral e abstrato. Por outro, há a elaboração de um plano que leve em conta a possibilidade de se implementar os procedimentos propostos ao mesmo tempo em que há um forte compromisso com a intenção do procedimento. Assim, ao mesmo tempo em que se desenha a coleta de dados define-se também como as evidências serão construídas a partir dos dados coletados. Frequentemente vemos os estudantes pensando de forma geral e desvinculada das possibilidades limitadas de manipular variáveis nos laboratórios e ao mesmo tempo sem a preocupação de como se construir evidências a partir dos dados. O pensar baseado nas possibilidades reais é o pensar nas contingências e depende fortemente de conhecimentos específicos e circunstanciais. O tipo de conhecimento que os alunos não têm e não sabem como obter. Nos laboratórios escolares os professores são, frequentemente, fontes desse tipo de conhecimento e centralizam e controlam a sua disseminação na sala. Mas acreditamos que essa não é uma dificuldade específica dos alunos de ensino médio. Mesmo estudantes de pós-graduação frequentemente formulam projetos que são bons planos gerais, mas não são implementáveis. Assim acreditamos ser útil distinguir as duas formas de planejar: a primeira caracterizada pela generalidade do plano, pelo descolamento das circunstâncias específicas da pesquisa, que continuamos a denominar o planejamento da investigação, e a segunda, essencialmente compromissada com a exequibilidade do plano, que denominamos desenhar a investigação. Pela própria natureza do conhecimento envolvido, e baseados em nossa experiência docente, conjecturamos que o planejamento é mais fácil de ser aprendido que o segundo. Acreditamos que o primeiro pode ser ensinado e não é um

conhecimento difícil de ser aprendido. Já o segundo assemelha-se a uma arte, e precisa ser aprendido em um longo processo de enculturação, de vivenciar muitos desenhos de investigações. Assim, se como acreditamos e como propõem os PCNs existe a “*a capacidade de investigação Física*” (Brasil, 1999: 237), que entendemos ser a capacidade de planejar a solução de problemas práticos, ela é uma função geral educável. A natureza desta função ainda precisa ser melhor examinada, pois ela tanto pode ser um método geral e fraco de resolver problema, um esquema piagetiano ou um esquema pragmático de raciocínio. Por outro lado, não concebemos o desenhar uma investigação como uma função geral, mas como um conhecimento específico, dependente da história de aprendizagens do sujeito e das circunstâncias específicas que constroem a investigação. Assim não acreditamos, ao contrário do que propõem os PCNs, existir uma competência associada ao “*classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandezas, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar*” assim como não acreditamos que exista uma competência associada ao “*construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma para outra situação, prever, avaliar, analisar previsões*” (Brasil, 1999: 237).

Diante do exposto, acreditamos que um currículo de Física que pretenda tornar mais científicos o pensar e o conhecimento dos estudantes (Borges, Borges e Vaz, 2001) deve ensinar explicitamente uma metodologia de resolução de problemas experimentais. Uma tal metodologia pode ser resumida naquela proposta por Schön (1987:68) e que consiste na fase exploratória da situação para gerar uma base fenomênica inicial sobre a qual podemos começar a conjecturar alguns efeitos como resultados de nossas ações. A fase seguinte é de experimentar para testar ações, uma fase em que adquirimos informações de forma mais sistemática e é essencialmente uma fase de gerar hipóteses. Finalmente seguir-se-ia uma fase de teste de hipóteses, com o controle de variáveis e outros métodos de teste de hipótese. Mas um tal currículo não pode apenas ficar neste nível de consideração e precisa proporcionar aos estudantes experiências que lhes proporcionem uma base fenomênica rica relativa à realização de investigações práticas, seja de natureza científica ou tecnológica. É importante que as decisões curriculares específicas sejam cuidadosas e promovam a diversificação de tipos de investigação enquanto atentam para a necessária progressão da aprendizagem.

Apenas dois dos quatro estudantes aqui analisados foram capazes de explicitar algum critério que possa ser interpretado como um indício de que ele sabe distinguir um fator que influencia no tempo de escorregamento de outro que não influencia. Analisamos os planos individuais referentes ao P2 e observamos que 28 dos 64 estudantes que realizaram essa atividade apresentam indícios de que sabem distinguir um fator que afeta o tempo de escorregamento de outro que não qualquer influência. Os outros 36 estudantes não apresentam tais indícios. Assim estamos na situação em que os estudantes são potencialmente capazes de gerar os dados que podem servir para testar as hipóteses, mas não sabem o que fazer com eles, ou seja, não conseguem usá-los produtivamente para resolver seu problema prático. Acreditamos que isso tem um duplo significado: é um sinal da dificuldade de se levar adiante uma investigação baseada em um plano geral, que não foi orientado para estabelecer a conexão sistemática entre a coleta de dados e a produção de evidências. Ao mesmo tempo, esse fato revela que os estudantes têm dificuldade de exibir o pensamento baseado em evidências. Talvez, eles até mesmo acreditem que as evidências são auto-evidentes, isto é,



confundem dados brutos com evidências, não se percebendo a dependência que evidências têm de teoria e interpretação.

Mas isso não é privilégio de estudantes de ensino médio. Esse é um problema que enfrentamos até mesmo nas pós-graduações, brasileiras e de outros países. Kolodner (2001) comenta uma dificuldade similar entre estudantes de doutorado presentes no “Doctoral Consortia” realizado durante os congressos ICLS e CSCL, ainda que apresente uma perspectiva otimista, anunciando um progresso notado no “Doctoral Consortia” realizado em 2001. As implicações educacionais são óbvias, mas o problema é de difícil superação: trata-se de dar mais ênfase curricular ao pensar baseado em evidências e o desenvolvimento da argumentação científica.

Nos quatro casos que apresentamos, observamos duas formas características de pensar, dois estilos de abordagem dos problemas práticos: um orientado pela teoria, como Fábio e Cíntia, e outros dois orientados pela prática, como Renata e Estevão. Nas duas situações temos alunos com bom desempenho em Física, o que exige capacidade de entendimento e desenvolvimento conceitual, como Fábio e Estevão, e alunos de desempenho médio a fraco, como Renata e Cíntia. Acreditamos que estas duas formas de pensar são formas preferenciais de abordar os problemas e configuram dois estilos baseados na ação, estilos de abordagem de problemas práticos, os quais denominamos estilo orientado pela teoria e estilo orientado pela prática. Tais estilos, aparentemente, não são determinados pelos conhecimentos prévios, pelas habilidades já adquiridas e pelo desempenho geral em Física. Mas os alunos se beneficiariam na solução do problema prático de um estilo orientado pela teoria – afinal como podemos modelar a situação e que previsões podemos fazer? Já o estilo baseado na prática é mais próximo das formas de pensar que usamos ordinariamente. Como Sternberg (1997), nós acreditamos que os alunos não têm apenas um estilo de abordagem, mas um perfil de estilos, e o conjunto dos estilos de abordagem de problemas que compõem seu perfil demonstram uma maior lealdade a um deles. Acreditamos que um currículo que pretenda tornar mais científicos o pensar e o conhecimento científicos de nossos estudantes (Borges, Borges e Vaz, 2001) deve proporcionar-lhes experiências de utilizar uma abordagem orientada pela teoria na resolução de problemas práticos, como forma de ajudá-los a desenvolver o estilo orientado pela teoria na abordagem de problemas práticos.

Finalmente, queremos destacar que dentre os 64 estudantes que participaram da atividade analisada, nenhum demonstrou um conhecimento firme e seguro do modelo teórico pertinente de atrito seco. Nenhum foi capaz de modelar o problema com apenas dois parâmetros e evitar a tendência de investigar um possível efeito da área de contacto. Ao longo das três séries do ensino médio, vários desses estudantes tiveram, um excelente desempenho em Física. Outros indícios de desempenho, tais como a aprovação em vestibular e o desempenho nas Olimpíadas de Física, confirmam que vários destes estudantes seriam considerados excelentes alunos em qualquer escola de ensino médio. Esses estudantes haviam estudado esse modelo em pelo menos duas ocasiões distintas: na primeira série e revisto-o na terceira série. Esperávamos que pelo menos alguns deles demonstrassem um conhecimento firme e seguro do modelo. Esse dado não traz novidades, nem uma preocupação excessiva. Mas serve para nos relembrar que como já defendíamos em um trabalho anterior (Borges e Borges, 1997; Borges, Borges, Gomes e Terrazan, 1997), em termos de currículos, às vezes, o menos é o mais: precisamos fazer uma opção por alguns

modelos que julgamos importantes da Física e explorá-los cuidadosamente com os estudantes, buscando garantir que eles de apropriem de fato destes modelos.

## **BIBLIOGRAFIA**

ADEY, PHILLIP. It all depends on the context, doesn't it? Searching for general, educable dragons. **Studies in Science Education**, v. 29, p. 45-92, 1997.

BORGES, A T; VAZ, A & BORGES, O N. Students' Reasoning in the Physics Laboratory. Trabalho apresentado na III Conferência da ESERA. 21/8 - 25/8/2001, Thessaloniki: Grécia, 2001a

BORGES, A T; VAZ, A & BORGES, O N.. Students' Practical Investigation Design. Trabalho apresentado na IX Conferência da EARLI, 28/8 a 01/09/2001. Fribourg: Suíça. (2001b)

BORGES, A. T. ; BORGES, OTO; VAZ, ARNALDO. Planejamento da solução de um problema. Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, III, 2001. IN MOREIRA, M.A. (Es). **Anais ....** Porto Alegre: Abrapec, 2001. (No prelo)

BORGES, OTO.; BORGES, A. T.; GOMES, ARTHUR E. Q.; TERRAZZAN, EDUARDO A. *Uma proposta de Reformulação do currículo de Física para o ensino médio em Minas Gerais*. Simpósio Nacional de ensino de Física, XII, 1997. **Anais ...** Belo Horizonte: SBF, 1997.

BORGES, OTO N.; BORGES, A. TARCISO. *Reformulação do Currículo de Física de Ensino de Médio no Estado de Minas Gerais*, pp.432-441, 1997. In MOREIRA, MARCO ANTÔNIO et al. (org.). **Atas do I Encontro Nacional de Pesquisas em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1999. 364p.

BRUNER, JEROME. **Realidade mental, mundos possíveis**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1997. 211p

FROTA, MARIA CLARA F. O pensar Matemático no ensino superior: concepções e estratégias de aprendizagem matemática dos alunos. Belo Horizonte: UFMG, Faculdade de Educação, 2000. (Qualificação, Doutorado). 193p.

GARDNER, HOWARD; KORNBABER, MINDY L.; WAKE, WARREN K. **Inteligência: Múltiplas perspectivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 356p.

KOLODNER, JANET L. A note from the editor. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 10, n. 1 &2, pp. 1-4, 2001.

MILLAR, ROBIN. A means to na end: the role of processes in science education. In: WOOLNOUGH, BRIAN(Ed.). **Practical Science**. Buckingham: Open University Press, 1991. 203p. Cap.5: 43-52.

SCHÖN, DONALD A. **Educating the reflective practitioner**. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1987. 345p.

STERNBERG, ROBERT J. **Thinking Styles**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.180p.

WHITE, RICHARD T. Episodes, and the purpose and the conduct of practical work. In: WOOLNOUGH, BRIAN(Ed.). **Practical Science**. Buckingham: Open University Press, 1991. 203p. Cap. 8: 78-86.

WOOLNOUGH, B. Practical science as a holistic activity. In: WOOLNOUGH, BRIAN(Ed.). **Practical Science**. Buckingham: Open University Press, 1991. 203p. Cap. 16: 181-188.