
A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO UM TIPO ESPECIAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA¹

Sayonara Salvador Cabral da Costa
Faculdade de Física - PUCRS
Marco Antonio Moreira
Instituto de Física – UFRGS
Porto Alegre - RS

Resumo

Descreve-se um estudo, com estudantes universitários, na área de resolução de problemas relativos ao tema movimento de um corpo rígido, no qual argumenta-se que diferenças aparentemente pequenas no enunciado de problemas podem representar grandes dificuldades para os alunos. A hipótese de trabalho é que tais diferenças não se constituiriam em grandes obstáculos se os sujeitos construíssem modelos mentais das situações problemáticas ao invés de buscarem a solução por similaridade.

Palavras-chaves: *Resolução de problemas; movimento de um corpo rígido; modelos mentais.*

I. Introdução

A resolução de problemas em sala de aula é uma habilidade pela qual o indivíduo externaliza o processo construtivo de aprender, de converter em ações, conceitos, proposições e exemplos adquiridos (construídos) através da interação com professores, pares e materiais instrucionais.

A teoria de aprendizagem de David Ausubel, no que diz respeito à atividade de resolução de problemas, atribui-lhe o “status” de “qualquer atividade na qual a representação cognitiva de experiência prévia e os componentes de uma

¹ Trabalho apresentado no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, Portugal, 11 a 15 de outubro de 2000.

situação problemática apresentada são reorganizados a fim de atingir um determinado objetivo” (Ausubel, 1968, p. 533).

É evidente, sob essa abordagem, que a estrutura cognitiva preexistente desempenha papel preponderante na resolução de problemas, ainda mais se levando em conta que a busca de solução de qualquer problema envolve uma readaptação do resíduo da experiência prévia frente às demandas da nova situação problemática a ser enfrentada. Se a estrutura cognitiva já possui as subsunções adequadas para permitir a reorganização do conhecimento, a resolução do problema terá cumprido o seu papel para a aprendizagem significativa. Neste sentido, resolver um problema pode ser encarado como um meio para promover tal aprendizagem – por exemplo, o surgimento do “insight”, conforme a concepção de Ausubel, resulta de um processo de clarificação progressiva sobre relações de meio-e-fim fundamentadas na formulação, verificação e rejeição de hipóteses alternativas.

Justamente sob este aspecto, Joseph Novak encara a resolução de problemas como “... um caso especial de aprendizagem significativa” (Novak, 1981, p.108), na medida em que esta tarefa requer incorporação, dessa maneira, da nova informação na estrutura cognitiva do sujeito que a realiza.

Nossas hipóteses de pesquisa em resolução de problemas apóiam e têm reforçado esta concepção (Costa e Moreira, 1996; 1998). Devemos, outrossim, chamar a atenção sobre o que consideramos *problemas* em nosso trabalho. Identificamos como problemas as situações problemáticas de papel e lápis encontradas nos textos de Física com os quais trabalhamos em sala de aula e que se diferenciam de um *exercício* na medida em que exigem muito mais do que memorização e aplicação mecânicas de fórmulas.

Partimos do pressuposto de que os exercícios são importantes uma vez que habitualmente pretendem consolidar determinadas habilidades que serão exigidas em tarefas de resolução de problemas; mas *nosso objetivo é trabalhar com atividades que enfoquem o conhecimento do conteúdo específico, da lógica e de estratégias também específicas da situação apresentada*.

O trabalho, que aqui relatamos e que vem sendo desenvolvido desde o segundo semestre de 1997, dará um destaque especial aos problemas típicos, reconhecidos por Ausubel como exemplares de uma classe para os quais certos princípios e operações são aplicáveis. Apesar de alguns pesquisadores, como Daniel Gil e Carlos Furió questionarem a eficácia deste tipo de problemas para promover a aprendizagem significativa (Gil e Torregrosa, 1983; Gil et al., 1998), nossa escolha endossa o argumento dado por Zylbersztajn (1998) que os vê segundo uma perspectiva kuhniana (Kuhn, 1994) como componentes da matriz disciplinar que compreende o fazer e ensinar ciências (Moreira e Costa, 1999).

Referindo-se especificamente à Física, Zylbersztajn argumenta (op. cit. p.12) “...estes problemas encontram seu lugar no ensino como um veículo para se ensinar a teoria, por meio de aplicações à “natureza idealizada” de que trata a ciência curricular, sendo instrumentais para familiarizar os estudantes com uma nova linguagem, com procedimentos matemáticos e com formas de raciocínio típicos da profissão, como, por exemplo, a análise dimensional e a aplicação de soluções gerais a casos limites.....(além disso) apresentam potencialmente a possibilidade de se fazer uma boa parte do que Daniel Gil apresenta como vantagens dos problemas abertos, por ele defendidos: análise qualitativa da situação física, discussão teórica, verbalização da resolução, análise dos resultados e de casos limites.”

A seguir apresentaremos a linha mestra de nosso trabalho, que envolve a atividade sistemática de alunos universitários para desenvolver e aplicar o conhecimento em Física em tarefas de resolução de problemas, subsidiada pela teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983). Esta teoria e a da Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak (1980; Moreira, 1999) não são incompatíveis; ao contrário, podem ser vistas como complementares, na medida em que acreditamos que a teoria dos Modelos Mentais nos permite avançar em relação à análise fundamentada por esta última.

II. Fundamentação teórica

A teoria dos Modelos Mentais (Johnson-Laird, 1993; Gentner e Stevens, 1983; Moreira, 1996) constitui-se em um novo referencial da Psicologia Cognitiva e tem arrematado adeptos na pesquisa em ensino de ciências nesta última década, como demonstra a literatura (e.g., Colinvax et al., 1998).

Já a pesquisa em resolução de problemas, ao longo das últimas décadas, tem se fundamentado principalmente em teorias de processamento da informação (Costa e Moreira, 1996), o que é de alguma forma compreensível, uma vez que destaca a importância de como o resolvidor processa a informação tanto do seu conhecimento prévio como a que está contida no enunciado do problema. Acompanhando estas pesquisas e outras, em menor número, fundamentadas em Piaget, Ausubel e Vygotsky, pareceu-nos importante investir na questão da compreensão significativa do enunciado.

A compreensão do enunciado depende de diversas variáveis, dentre as quais destacamos a questão das representações: o enunciado é uma representação externa, uma descrição lingüística que pode ou não ser acompanhada por representação pictórica (gráficos, figuras) de uma situação física modelada. O sujeito deve,

portanto, ser capaz de dar significado à representação externa do problema, mas para isso ele necessita representá-la também internamente, ou seja, mentalmente, através de imagens, proposições ou modelos mentais.

Modelagem é um termo genérico que envolve, no nosso caso, modelos físicos, conceituais e mentais. Identificamos como *modelo físico* a descrição resultante das proposições da teoria referente a um sistema ou fenômeno físico simplificado e idealizado; *modelo conceitual* é aquele projetado por pesquisadores ou professores para facilitar a compreensão ou o ensino de sistemas físicos; *modelo mental* é um análogo estrutural do sistema físico, ou seja, sua estrutura corresponde à estrutura da situação física modelada.

Ao contrário dos modelos físicos e conceituais, os modelos mentais são representações internas, construtos pessoais não tão precisos ou consistentes como os primeiros, mas devem ser funcionais para o indivíduo que os constrói (Norman, apud. Gentner e Stevens, 1983, p.8).

Ora, a compreensão do enunciado de um problema requer a construção de um modelo mental. Por outro lado, o enunciado é quase sempre formulado através de um discurso lingüístico (acompanhado ou não de representações pictóricas como desenhos, gráficos, tabelas, diagramas). Estas proposições lingüísticas contêm indeterminações e ambigüidades que dificultam a construção de modelos mentais. Quando uma pessoa faz uma representação mental de um texto, de acordo com Bransford (apud Garham, 1997, p.154) o processo de construção não está baseado apenas no que está explícito no texto, mas em uma combinação de informações do texto e informações armazenadas na memória (no caso, o conhecimento prévio do sujeito em Física). Quando os enunciados dos problemas envolvem Física, a modelagem mental é agravada pelo fato de ser derivada da compreensão de conteúdos e não da percepção direta de eventos e objetos do mundo. A construção de um modelo mental a partir de enunciados de problemas de Física como os que geralmente propomos aos nossos alunos parece ser uma tarefa nada trivial. Obviamente, entender um enunciado não significa saber resolver o problema que ele apresenta, mas, sem dúvida, não entendê-lo é a primeira condição para não avançarmos no conhecimento que ele poderia gerar.

Segundo Zhang, (1997, p.180), dependendo da informação contida na representação externa, ela pode ser captada, analisada e processada por sistemas perceptivos somente, apesar de que a participação “top-down” do conhecimento conceitual da representação interna pode, em certas circunstâncias, facilitar ou inibir os processos perceptivos.

Zhang e Norman (1994) defendem a abordagem da cognição distribuída, contrariando outros pontos de vista (Greeno e Moore, 1993), na qual a representa-

ção de uma tarefa cognitiva é concebida a partir de representações distribuídas, constituindo-se as duas representações, internas e externas, partes indispensáveis. Por representação interna entende-se o conhecimento e sua estrutura na memória, como proposições, produções e esquemas, o próprio modelo mental. A informação nas representações interna tem que ser recuperadas da memória por processos cognitivos, apesar de que algumas características na representação externa, algumas vezes, podem disparar os processos de recuperação.

As representações externas podem ser transformadas em internas pela memorização. Quando as representações externas estão sempre disponíveis, esta internalização não se faz necessária; no caso da representação externa ser muito complexa, a internalização não ocorrerá (Zhang, 1997, p.181).

Em resolução de problemas, diagramas, figuras, gráficos são protótipos de representação externa. Estudos feitos por Chambers e Reisberg (apud. Zhang, 1997), sobre a relação entre imagens mentais e figuras externas, mostraram que as figuras podem dar ao indivíduo o acesso ao conhecimento e habilidades que não estavam disponíveis nas representações internas. Em problemas que envolvem principalmente figuras, como no caso deste trabalho, Larkin e Simon (1997) argumentam que a vantagem das figuras é computacional: podem constituir-se representações melhores não porque contêm mais informações, mas porque a indexação desta informação à representação interna pode suportar processos computacionais mentais eficientes e extremamente úteis.

Nosso objetivo é mostrar que a modelagem mental de um enunciado é difícil para os alunos, por sua natureza representacional externa, ainda que utilizemos o recurso de figuras associadas a esse enunciado; sem um modelo mental adequado, diferenças aparentemente pequenas entre problemas (problemas que guardam similaridades aparentes) podem representar sérios obstáculos. Acreditamos que podemos contornar estas dificuldades inerentes ao discurso escrito e gráfico provendo ao aluno condições necessárias para a modelagem envolvendo o domínio conceitual e procedimental do conteúdo específico.

III. Metodologia

O estudo que estamos apresentando foi realizado com alunos do primeiro autor, na disciplina de Mecânica Geral, do 3º semestre dos cursos de Engenharia e Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Esta disciplina aborda preferencialmente a mecânica de corpos rígidos, onde o formalismo matemático é bastante exigido. A carga horária semanal é de 6 horas-aula. As

turmas com as quais trabalhamos tinham dois encontros semanais de 3 horas-aula cada.

A metodologia empregada nesta disciplina, desde algum tempo (Costa e Moreira, 1998), inclui, além das aulas expositivas, onde o conteúdo é exaustivamente discutido e exemplificado em situações práticas, sessões exclusivas de resolução de problemas, em pequenos grupos, de dois a quatro alunos, assistidos pelo professor. Durante estas aulas, pode-se interagir bastante com os alunos e identificar melhor suas dificuldades, dúvidas e posicionamentos frente aos enunciados dos problemas e às estratégias de solução. Os problemas propostos são retirados dos livros-textos que compõem a bibliografia indicada, sendo, portanto, considerados problemas típicos.

Para a pesquisa propriamente dita, empregamos a análise qualitativa de observações e anotações subseqüentes de comentários, manifestações de dúvidas e perguntas em geral, formulados pelos alunos nestas aulas específicas de resolução de problemas, além da análise das verificações de avaliação (individuais) que lhes foram propostas.

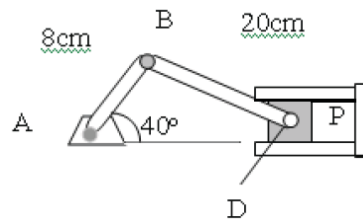
Estas verificações de aprendizagem foram concebidas propondo problemas envolvendo situações que para os alunos fossem *aparentemente* similares às desenvolvidas em sala de aula. A questão da similaridade foi assim tratada: os problemas escolhidos *lembravam* outros, mas apresentavam pequenos desvios, que pudessem representar ao mesmo tempo quase que situações novas, mas contendo excertos que evocassem aspectos já discutidos. A proposta de Ausubel de evitar a “simulação da aprendizagem significativa” e formular problemas de uma maneira nova e não familiar (Moreira, 1999, p.156), foi contemplada em certa medida.

Para ilustrar nossa abordagem escolhemos como tema o movimento de um corpo rígido, especialmente, o *movimento geral plano*. Os modelos físicos que descrevem este movimento tratam-no como uma combinação de movimentos de translação e rotação ou como uma rotação pura em torno de um eixo instantâneo de rotação.

Na apresentação destes modelos, foram discutidos alguns exemplos que os evidenciavam. Entre eles, escolhemos um problema, chamado neste trabalho de *prob.1*, que guarda uma similaridade com outros três, um deles proposto na lista de problemas, e que identificaremos por *prob.2*, e os outros dois (*prob.3* e *prob.4*), incluídos nas avaliações individuais em dois semestres diferentes, respectivamente, 1º/1998 e 1º / 2000. A similaridade referida diz respeito principalmente à representação externa incluindo o enunciado e as figuras que o acompanham, como se pode ver na apresentação destes problemas, feita logo a seguir.

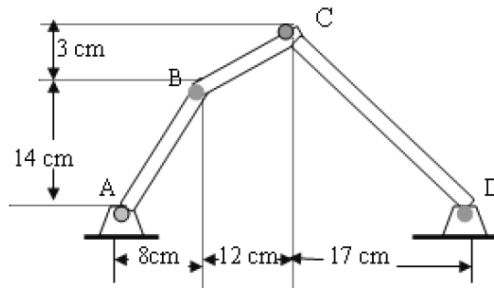
Prob. 1 (Beer e Johnston, 1991, p.425)

No sistema motor esboçado na figura, a manivela AB possui uma velocidade angular constante de 2000 rpm, no sentido horário. Determinar para a posição indicada na figura: a) a velocidade angular da biela BD; b) a velocidade do pistão P.



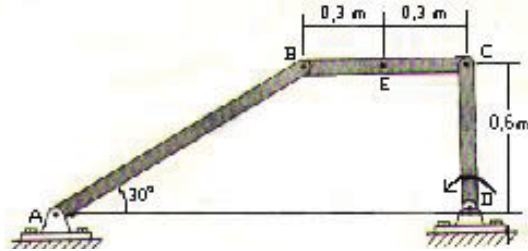
Prob. 2 (Beer e Johnston, 1991, p. 453)

O sistema articulado ABCD se movimenta no plano vertical. Sabendo que a manivela AB gira no sentido anti-horário com velocidade angular constante de 20 rad/s, determine as velocidades e acelerações angulares da barra BC e da manivela CD, para a configuração indicada no esquema.



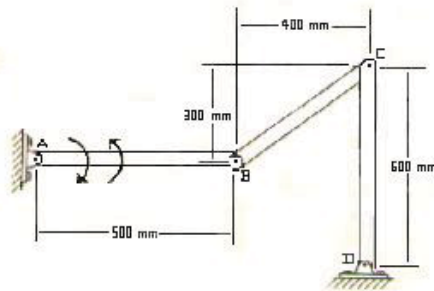
Prob. 3 (inspirado em Hibbeler, 1985, p. 274)

Na figura abaixo, sabe-se que a velocidade da barra CD é $\omega_{CD} = 6 \text{ rad/s}$, relativa ao sentido indicado. a) Classifique os movimentos da cada parte do sistema entre translação, rotação e geral. Justifique sua escolha; b) Localize graficamente o centro instantâneo de rotação (CIR) para a barra BC e explique o seu significado; Determine: c) a velocidade angular da barra AB e d) a velocidade do ponto E na barra BC, ambas no instante indicado.



Prob. 4 (inspirado em Beer e Johnston, 1985, p. 431)

No instante mostrado na figura, a manivela guia AB, do mecanismo de quatro articulações, gira no sentido horário com velocidade $4,0 \text{ rad/s}$. a) Classifique o movimento de cada parte do mecanismo; b) Localize graficamente o centro instantâneo de rotação (CIR) da barra BC e interprete o seu significado; c) Determine as velocidades angulares das barras BC e CD.



Nos quatro casos, a representação externa é constituída por uma representação sentencial e uma diagramática. Acreditamos que a apresentação diagramática dos enunciados favorece o reconhecimento do problema como uma versão de outro conhecido, uma vez que as proposições contidas nos enunciados não incluem todos os elementos que podem desencadear esta identificação. Esta característica pode ser considerada como a maior diferença nos dois tipos de representação externa. Se a descrição do problema fosse dada somente através de proposições, todos os elementos deveriam ser construídos explicitamente (ou talvez em parte por algum processo imagístico interno).

As representações sentenciais nos quatro problemas apresentam informações semelhantes que só adquirem significado para a situação específica depois de serem decodificadas e articuladas ao diagrama, que também deve ser significativamente interpretado.

Queremos deixar bem claro que os problemas aqui apresentados foram escolhidos pela similaridade das suas representações externas. Em outras palavras, eles não foram os únicos problemas que abordaram o conteúdo *movimento geral de um corpo rígido*.

A discussão do prob. 1 aconteceu na seguinte ordem:

- 1) a figura foi decodificada através da identificação do movimento do sistema como um todo;
- 2) antes de integrar os elementos informados no enunciado, discutiu-se o tipo de movimento de cada parte do sistema;
- 3) a leitura e interpretação do enunciado foram feitas, destacando-se a diferença entre a simples identificação dos dados, comparada com a quantidade de informação contida nos mesmos.

Aqui, as representações internas, ou seja, os modelos mentais ou proposições ou imagens, são especialmente requeridos. Consideramos este processo condição necessária para a execução da tarefa de resolução do problema. Para Chi et al. (1989), por exemplo, o desempenho dos indivíduos em resolver problemas depende muito mais da forma como eles representaram o conhecimento do que da eficiência com que converteram-no em habilidades, segundo a teoria ACT (“Adaptive control of thought”) de John Anderson (1983).

Voltando-se à figura, discutiu-se as condições para utilizar-se os modelos físicos a fim de atingir-se as metas do problema. Neste ponto, foi enfatizada a relevância da existência de pontos comuns a partes da engrenagem – através do movimento de rotação da manivela AB poder-se-ia calcular a velocidade do ponto B, que também pertence à biela BD. Por outro lado, o ponto D é comum à biela e tem a mesma velocidade do pistão P.

A partir destes pontos comuns, procedeu-se à descrição de uma estratégia possível, prevista pelo modelo, incluindo sua representação matemática. Deste estágio em diante, novas estratégias foram requeridas, agora para “rodar” o modelo físico, incluindo conhecimentos em álgebra vetorial.

Nesta etapa, outros caminhos alternativos foram sugeridos para a resolução de prob. 1, mas não concretizados, todos baseados na interpretação do modelo físico de rotação e translação para movimento geral de um corpo rígido. Cada um destes caminhos apresentava uma certa dificuldade com respeito ao formalismo matemático e/ou gráfico. Optamos por escolher uma estratégia mais simples, segundo nosso critério, e que poderia ser generalizada mais facilmente para novas situações.

Como se pode ver até aqui, este tipo de problema requer que o aluno construa um modelo mental que inclua, além do domínio conceitual e procedimental, conhecimentos inerentes ao formalismo matemático.

É importante que seja dito que a discussão deste problema (discussão no sentido de examinar questionando) foi feita por um longo período (equivalente a mais de uma hora-aula), com diversas interrupções ocasionadas por dúvidas de um ou vários alunos.

O prob.2, incluído na lista de problemas, gerou uma reação quase que coletiva. Foram poucos os grupos (cerca de 4 em 12) que tiveram a iniciativa e independência para iniciar o problema. A maioria não percebeu a similaridade com o prob.1, nem que este novo problema trazia uma vantagem em relação ao anterior: as coordenadas dos pontos “comuns” eram conhecidas. Em contrapartida, mesmo sem solicitar-se no problema, os diversos grupos manifestaram terem reconhecido os tipos de movimentos das partes, inclusive justificando-os. A diferença maior que este problema apresentava em relação ao anterior era que, neste caso, a velocidade de um dos pontos comuns da partes da engrenagem estava comprometida com uma das incógnitas. Aqui estava a pequena GRANDE diferença que permitia que avançássemos em relação ao domínio do conteúdo: a mesma estratégia de solução poderia ser novamente utilizada, desde que adaptada às novas dificuldades para concretizá-la.

Por outro lado, este problema tratava da questão envolvendo a aceleração das partes do sistema. O modelo físico precisava ser recuperado. Mesmo que a estratégia fosse a mesma já usada para a velocidade, i) a identificação do modelo físico referente à aceleração requer maior comprometimento com a capacidade da memória de trabalho no resgate do modelo conceitual (ou mental) na memória de longo prazo (e. g., cada movimento, em princípio, contribui com duas componentes

de aceleração) e, ii) o “método” matemático necessariamente terá no seu bojo novos elementos que deverão aumentar sua complexidade.

Estes dois problemas foram, mais tarde, analisados pelo professor segundo um modelo físico alternativo de interpretação do movimento geral: o da *rotação pura em torno de um eixo instantâneo*.

Por este modelo, a resolução do problema, em termos analíticos, é simplificada, desde que o aluno tenha uma representação interna adequada do conhecimento requerido (de preferência, um modelo mental) e domine relações envolvendo geometria plana. Esta última condição é, às vezes, determinante para que o sujeito abandone este modelo, preferindo o primeiro, que envolve translação e rotação combinadas.

Sobre este tema, a escolha dos alunos por um ou outro modelo parece estar em consonância com o poder computacional das regras de inferência para uma tarefa particular. Um bom modo de adquirir habilidades em qualquer domínio pode ser atribuído à aquisição gradual de procedimentos de inferência de domínio específico, incluindo ações e condições evocadas (Larkin, Simon, 1987, p.81).

É competência do aluno, examinando problemas resolvidos, exemplos, trabalhando nos problemas, ou de outra maneira, criar regras de “condição-ação” para enfrentar novos problemas. (Simon, 1979). Pode-se pensar nestas regras baseadas em um modelo mental ou outra representação interna. Nesse sentido, parece que os alunos sentem-se mais à vontade com um dos modelos físicos, ou, como eles preferem, um “método” para resolver os problemas.

Alguns alunos conseguem integrar os modelos conceituais e perceber que isto pode facilitar a resolução dos problemas. Nos problemas que foram apresentados nas avaliações individuais (prob. 3 e 4), este procedimento foi implicitamente encorajado. Nos dois casos, foi solicitado que os alunos encontrassem graficamente o centro instantâneo de rotação (CIR) para a parte do sistema que efetuava um movimento geral (não com estas palavras...). Como era de se esperar, visto que a atividade em aulas de problemas já evidenciava uma tendência de escolha quase que “definitiva” de modelo, os resultados das percentagens de alunos versus modelo conceitual escolhido resultaram em frações maiores para um modelo específico, e uma fração bem menor para modelos “híbridos”. Uma fração maior do que esta última foi indexada para alunos que não cumpriram a tarefa até o ponto de fazerem esta escolha, razão pela qual foram classificados em “não fizeram a tarefa”. A tabela 1 abaixo retrata estes números:

Tabela 1. Percentagens de alunos, por grupo trabalhado, em relação à escolha de modelo físico para subsidiar a resolução de problema.

Grupo\Modelo	Translação/rotação	Rotação	Misto	Não fizeram
I/98 (N=43)	37,2%	25,6%	16,3%	20,9%
I/2000 (N=30)	26,7%	36,7%	6,6%	30%

A inversão na percentagem de alunos quanto à escolha do modelo físico para resolver os problemas pode ser atribuída às condições específicas da representação externa (enunciado acompanhado por figuras) dos mesmos. No primeiro deles (prob.3), a localização do centro instantâneo de rotação (C.I.R.) apresenta uma leve complexidade em relação à mesma tarefa pedida no prob.4, uma vez que, no primeiro, as direções das velocidades dos pontos B e C não são tão aparentes quanto no segundo. Por outro lado, uma vez identificado o C.I.R. nos dois casos, a escolha do modelo físico tratando o movimento geral como rotação pura era mais previsível no prob.4, pela facilidade geométrica enfocada na situação da figura que representava o instante analisado no problema. Acreditamos que talvez isto explique a diferença entre a percentagem na escolha do modelo híbrido para os dois períodos da pesquisa.

IV. Conclusão

Pode-se afirmar que existe um certo consenso entre os educadores que os alunos deveriam saber resolver problemas uma vez que lhes fossem apresentados exemplos “parecidos” com os solicitados. Outros ainda consideram que a resolução deste tipo de problemas não promove a aprendizagem significativa, uma vez que seriam considerados exercícios de fixação de algumas regras já discutidas em outra oportunidade. Neste trabalho, que dá seguimento a outro sobre modelagem em resolução de problemas (Costa e Moreira, 1998), pretendemos refutar esta crença apresentando um relato de observações geradas por alunos de um curso universitário. Através da proposta de problemas similares a exemplos resolvidos, pudemos constatar que uma aparente pequena diferença no enunciado dos problemas resulta em significativas mudanças relativas ao encaminhamento de sua resolução. Nossa hipótese de trabalho sugere a necessidade de o aluno representar internamente cada situação problemática que lhe é proposta, no sentido de resgatar seus conhecimentos que lhe permitam elaborar um caminho para a interpretação, reavaliação e desenvolvimento da mesma. Cremos que a presença de um modelo mental na tarefa de resolução de problemas é condição necessária para buscar a aprendizagem signi-

ficativa. Escolhemos problemas típicos de finais de capítulos para corroborar outra hipótese, a de que estes problemas podem ser incorporados aos problemas que promovem a aprendizagem significativa. Tudo depende de como eles são trabalhados.

Quando nos referimos à resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa, esta do ponto de vista de Ausubel e Novak (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980), e utilizamos como fundamentação teórica a teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983; Moreira, 1996), pretendemos dizer que, na nossa concepção, a aprendizagem obtida através da resolução de problemas será tanto mais significativa quanto maior for a capacidade em modelar. Segundo Halloun (1996), a Física é uma ciência de modelos e a modelagem é uma atividade sistemática dos físicos para construir e aplicar o conhecimento científico.

Na literatura, encontramos controvérsias sobre generalizações induzidas de exemplos. Há duas tendências (Chi et al., 1989): 1) teorias baseadas em uma abordagem de similaridades – consideram que as generalizações são desenvolvidas por induzirem um princípio a partir de múltiplos exemplos (a teoria ACT de Anderson, 1983, é um exemplo); 2) teorias baseadas em um enfoque de explicações – consideram que a generalização pode ser obtida de um ou poucos exemplos.

Nossa conclusão defende a segunda corrente baseada na convicção formulada a partir da experiência, que só é possível ao indivíduo construir explicações se ele possui a compreensão da teoria de domínio, o que significa dizer que ele possui um modelo mental compatível com o modelo consensual científico.

O trabalho aqui apresentado foi feito com alunos universitários, enfocando um conteúdo específico para os cursos de Engenharia e Física. Isto significa que a argumentação em favor da inserção deste tipo de exercício/problema, típicos dos livros especializados, não pode ser generalizada para cursos de ensino médio e fundamental, nos quais os objetivos, no que diz respeito ao ensino de Física / Ciências, não são exatamente os mesmos de um curso universitário. De qualquer forma, a reflexão que propomos, extraída do estudo específico que fizemos, pode ser endereçada a todos os professores, independente do nível em que trabalham.

V. Referências Bibliográficas

ANDERSON, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

AUSUBEL, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rineheart and Winston.

- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- BEER, F. P., JOHNSTON, E. R. (1991). *Mecânica Vetorial para Engenheiros – Cinemática e Dinâmica* (5 ed.). São Paulo: Editora McGraw-Hill.
- CHI, M. T. H., BASSOK, M., LEWIS, M. W., REIMANN, P., GLASER, R. (1989). Self-explanations: how students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, v. 13, n.2, p. 145-294.
- COLINVAUX, D. (Org.) (1998). *Modelos e educação em ciências*. Rio de Janeiro: Ravel.
- COSTA, S. S. C. (1996). *Resolução de problemas e aprendizagem em Física*. Dissertação de mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- COSTA, S. S. C., MOREIRA, M. A. (1998). Modelagem em resolução de problemas: estudo preliminar. Atas do VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis (CD-ROM), 26 a 30 de outubro, 11 p.
- FLORES CAMACHO, F., GALLEGOS CAZARES, L. (1998). Partial possible models: an approach to interpret student's physical representation. *Science Education*, v. 82, p. 15-29.
- GARNHAM, A. (1997). Representing information in mental models. In: CONWAY, M. A. (Ed.) *Cognitive models of memory*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- GENTNER, D., STEVENS, A. L. (Eds.) (1983). *Mental models*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- GIL PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SENENT PÉREZ, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n.2, p. 131-146.
- GIL PÉREZ, D., TORREGROSA, J. (1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, v. 5, n.4, p. 447-455.
- GREENO, J. G. e MOORE, M. J. (1993). Situativity and symbols (Response do Vera e Simon). *Cognitive Science*, v. 17, p. 49-59.
- HALLOUN, I. (1996). Schematic-modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 33, n.9, p. 1019-1040.
- HIBBELER, R. C. (1985). *Mecânica – Dinâmica*. Rio de Janeiro: Editora Campus.
- HIBBELER, R. C. (1999). *Mecânica- Dinâmica*. (8 ed.). Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). Mental models. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- KUHN, T. S. (1994). A estrutura das revoluções científicas, 3ª edição em português. São Paulo: Editora Perspectiva.
- LARKIN, J. H., SIMON, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. Cognitive Science, v. 11, p. 65-99.
- MERIAM, J. L., KRAIGE, L. G. (1999). Mecânica - Dinâmica. (4 ed.). Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
- MOREIRA, M. A. (1996). Modelos mentais. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 193-232.
- MOREIRA, M. A. (1999). Aprendizagem significativa. Brasília, Editora da UnB.
- MOREIRA, M. A., COSTA, S. S. C. (1999). Pesquisa em resolução de problemas em Física: uma visão contemporânea. In: I Escuela de verano sobre investigación en enseñanza de las ciencias. Actas. Universidad de Burgos, p. 53 –82.
- NERSESSIAN, N. J. (1995). Should physicists preach what they practice? Constructive modeling in doing and learning physics. Science and Education, v. 4, p. 203-226.
- NOVAK, J. D. (1981). Uma teoria de educação. São Paulo: Pioneira. Tradução de M.A. Moreira do original A theory of education, Ithaca: Cornell University Press.
- SIMON, H. A. (1979). Problem solving and education. In :TUMA, D., REIF, F. (Eds.). Problem solving and education: issues in teaching and research. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- VANLEHN, K. (1998). Analogy events: how examples are used during problem solving. Cognitive Science, v. 22, n. 3, p. 347-388.
- VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. Learning and Instruction, v. 4, n. 1, p. 45-69.
- ZHANG, J. (1997). The nature of external representation in problem solving. Cognitive Science, v. 21, n. 2, p. 179-217.
- ZHANG, J., NORMAN, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. Cognitive Science, v. 18, p. 87-122.
- ZYLBERSZTAJN, A. (1998). Resolução de problemas: uma perspectiva kuhiana. In: VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Atas (CD-ROM). Florianópolis, 26 a 30 de outubro, 14 p.