

## IDENTIFICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS-EM-AÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA

**Sayonara Salvador Cabral da Costa**

Faculdade de Física, PUCRS

Av. Ipiranga, 6681

90619-900 Porto Alegre, RS,

sayonara@puers.br

**Marco Antonio Moreira**

Instituto de Física, UFRGS

Caixa Postal, 15051

91501-970 Porto Alegre, RS

moreira@if.ufrgs.br

### Resumo

A partir dos resultados de desempenho em resolução de problemas de um grupo de alunos de um dos autores identificou-se alguns conceitos e teoremas-em-ação que geraram uma interpretação equivocada pela maioria dos 12 alunos universitários entrevistados. Em função desta investigação, procedeu-se a uma alteração na apresentação dos conteúdos para um novo grupo, sob a hipótese de que a modelagem mental construída pelos alunos carecia de elementos de causa e efeito que fossem assimilados e, ao mesmo tempo, significativos para eles; foram-lhes propostas, então, as mesmas situações-problemas. A comparação nas performances dos dois grupos é apresentada e discutida, tendo como referencial a teoria dos campos conceituais de Vergnaud.

### Introdução

Resolução de problemas tem sido uma das metodologias mais usadas para diagnosticar algumas concepções de alunos em várias áreas do conhecimento científico, especialmente em Física e particularmente no tema mecânica. Geralmente, estas concepções revelam-se bastante distanciadas daquelas aceitas cientificamente.

A extensa literatura sobre resolução de problemas, desde os anos 80, tem mostrado trabalhos com diferentes tipos de problemas de papel e lápis - fechados (Larkin et al., 1980), problemas-questões (Clement, 1983), abertos (Gil Pérez et al., 1988); Langois et al., 1995), entre outros - com abordagens e objetivos variados.

Neste trabalho serão discutidos problemas típicos, considerados exemplares (Zilberstajn, 1998), constantes nos livros-textos, nos quais os alunos foram solicitados a interpretar partes do enunciado, que estabeleciam condições específicas para a situação descrita. Se, por um lado, os alunos apresentam relativa dificuldade em resolver este tipo de problemas, por outro, depara-se com situações em que estes mesmos problemas são resolvidos (pelo menos como requerido pelos enunciados) sem que os estudantes tenham uma compreensão adequada do contexto que é pano de fundo dos mesmos.

Quando os alunos são questionados sobre situações físicas, eles geralmente são capazes de produzir explicações e podem frequentemente fazer previsões sobre a evolução de tais situações. Aparentemente eles estão usando modelos, mas, ao contrário dos modelos científicos, seus modelos são implícitos, são representações mentais que, em muitos casos, têm o que Vergnaud (1996) denomina conhecimentos-em-ação, ou seja, conhecimento inconsciente que permite ao sujeito interagir com o seu meio.

Na visão de Barais e Vergnaud (1990), estas concepções dos alunos podem ser consideradas como tendência quando elas conduzem a respostas sistemáticas que diferem das que estão sendo ensinadas (p.70).

Pretende-se, neste trabalho, *apresentar algumas tendências manifestadas por um grupo de alunos em situações de resolução de problemas, no primeiro semestre de 2001, envolvendo o movimento de corpos rígidos, que permitiu que fossem detectados alguns invariantes cognitivos.*

Identificar o hiato entre os invariantes cognitivos e os modelos físicos não é suficiente, é preciso que se utilize estas tendências e regularidades de pensamento, concebidos como precursores do conhecimento, como instrumentos para uma intervenção abalizada. Nesse sentido reportou-se ao papel do professor-pesquisador como construtor das condições favoráveis de promover a mudança da representação interna do aluno em representação externa, explícita, consonante com a aceita cientificamente.

Uma vez detectados o que se inferiu ser invariantes cognitivos (ou operacionais - do sujeito agindo sobre o meio), aventou-se, então, a hipótese de que a interpretação atribuída às situações propostas não contemplava um modelo mental de causa e efeito, o que fragilizava as inferências para a tarefa proposta. Isso poderia ser resultado do contexto imposto pelo programa da disciplina, estabelecendo que os alunos primeiro estudem a cinemática de um ponto e de um corpo rígido e só depois a dinâmica, tanto do ponto quanto do corpo rígido. Em outras palavras, os alunos são orientados a descrever os movimentos, lidar com os modelos físicos apresentados preferencialmente no formato matemático, sem relacioná-los com os agentes responsáveis por gerarem tais movimentos.

Portanto, a análise desses resultados levou-nos a adotar uma estratégia de discussão do movimento de um corpo rígido privilegiando as causas, ao invés de simplesmente descrevê-los, como usualmente era feito, seguindo-se o roteiro estabelecido pelo programa da disciplina. Como *segundo objetivo deste trabalho, apresenta-se os resultados obtidos com outro grupo (2003), sob o efeito desta nova abordagem, contrastado com os conhecimentos-em-ação identificados no primeiro grupo.*

## **Fundamentação Teórica**

A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud, de base piagetiana, mas desenvolvida igualmente sob o legado de Vygotsky, ocupa-se do estudo de desenvolvimento cognitivo do sujeito-em-situação, o que lhe confere um grande potencial para descrever, analisar e interpretar aquilo que se passa em sala de aula na aprendizagem de matemática e ciências (Moreira, 2002).

O conceito de situação empregado por Vergnaud é o de tarefa. Os processos cognitivos e as respostas dos sujeitos são função das situações com as quais é confrontado; um conceito torna-se significativo através de uma variedade de situações, uma vez que o conhecimento dos alunos é moldado pelas situações que encontram e progressivamente dominam (op. cit.).

Segundo Vergnaud et al. (1990), uma grande parte do conhecimento de um indivíduo é somente implícito: a informação é obtida com a ajuda de invariantes (categorias, relações e entidades de níveis mais altos) sem que o indivíduo expresse ou mesmo seja capaz de expressar estes invariantes. Isso é especialmente visível quando o indivíduo resolve um problema, escolhendo, muitas vezes, a estratégia adequada mas sem ser capaz de mencionar as razões para isso. A análise cognitiva de tais comportamentos revela, freqüentemente, a existência de conceitos e teoremas fortemente implícitos, os conceitos e teoremas-em-ação, de uma forma mais abrangente, denominados de *invariantes operacionais*. Tal conhecimento não

pode ser chamado de conceitual, uma vez que o conhecimento conceitual é necessariamente explícito (p.20). As palavras e os símbolos, as sentenças e as expressões simbólicas são instrumentos cognitivos para a transformação de invariantes operacionais implícitos em conceitos e teoremas científicos.

As concepções dos estudantes podem ser entendidas como estruturas assimiladoras que sofrem conflito com os modelos conceituais ensinados nas escolas (Barais e Vergnaud, 1990, p.70). Particularmente na Física, as representações mentais, ao mesmo tempo sobre entidades físicas e compreensão de um fenômeno, constituem as causas das dificuldades em enfrentar estas concepções.

Em situações de resolução de problemas em Física, muitos erros são atribuídos ao fato de os estudantes atribuírem o mesmo significado em contextos diferentes. Percebe-se uma tendência cognitiva que conduz a respostas sistemáticas diferentes das que foram ensinadas, causadas por um processo de pensamento que preserva os elos associativos que pertencem a um elemento particular, mas que é percebido como um invariante (op. cit, p.72)

Em termos de ensino, isso significa que os estudantes devem ter acesso a uma variedade de situações-problemas que lhes permita generalizar significados, mas também reconhecer os limites de validade de cada um. Neste aspecto, as situações escolhidas são responsáveis pelo significado dado a um conceito e o professor desempenha um papel fundamental ao escolhê-las, ainda que esteja consciente que diferentes indivíduos apresentam diferentes representações mentais de uma situação (Lemeignan, Barais, 1994).

Na construção do conhecimento, os indivíduos desenvolvem concepções ao interagir com o meio - os resultados dão conta das situações práticas da vida. Em situações abstratas, os "erros" resultam do enfrentamento a perguntas que nunca se fizeram ou que envolvem condições não usuais para a situação. Segundo Moreno Marimón (1988), ao construir seu modelo de compreensão, o sujeito organiza particularmente os dados que seleciona e elabora, a partir de uma situação específica, o significado que lhes atribui e as implicações que serão derivadas desta atribuição.

No ensino de Física, um obstáculo de fundamental importância vem do fato de muitos professores tratarem de conceitos científicos como entidades prontas, sem perceber que eles têm de ser construídos pelos estudantes como ferramentas funcionais que os permitirão lidar com diferentes situações.

Os invariantes operacionais do indivíduo organizam de um modo particular os dados aos quais ele atribui significado. Cada sujeito manifesta uma maneira de interpretar as impressões que objetos e fenômenos do mundo exterior lhes causam. Em muitas ocasiões, os dados selecionados e elaborados de uma situação particular podem ser precisamente aqueles que são fundamentais para uma explicação adequada da situação ou fenômeno em questão; a não consideração de alguns dados não implica em desconhecê-los, mas podem ter sido negligenciados por não serem representativos do fenômeno a considerar, na avaliação do indivíduo. Além disso, nos modelos gerados pelos indivíduos, figuram dados que são produtos de inferência - nem sempre pertinentes - das situações analisadas.

De qualquer modo, pode-se considerar que as concepções dos indivíduos constituem-se em precursores de conceitos a serem adquiridos. A ativação dos precursores é uma etapa inicial em direção a um processo de generalização que deve ser guiado: a história do homem não credita que ele possa acessar processos de pensamento a não ser que seja ensinado para fazê-lo (Barais, Vergnaud, 1990).

Tendo por perspectiva a teoria dos campos conceituais de Vergnaud, cujos excertos foram aqui apresentados, descreve-se, em seqüência, os procedimentos que caracterizam a investigação realizada.

## Metodologia e Análise dos resultados

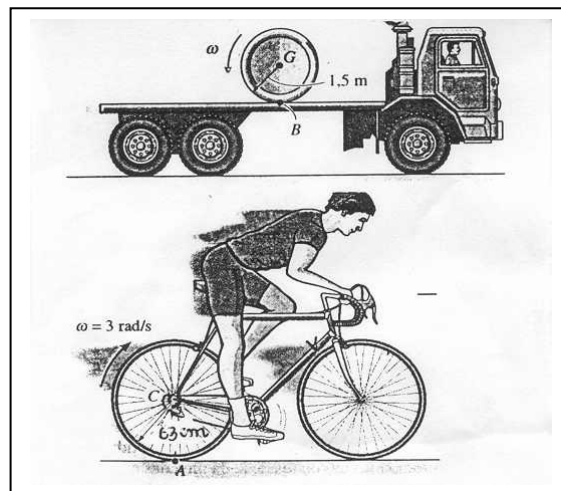
Prosseguindo na investigação acerca da atividade de resolver problemas tendo-se por referencial a teoria dos campos conceituais de Vergnaud (Costa e Moreira, 2003), oportunizou-se situações de resolução de problemas para alunos universitários de um dos autores, na disciplina Mecânica Geral. Os alunos pertencem aos cursos de Física e Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e os dados foram obtidos no primeiro semestre de 2001.

Dentre as tarefas propostas foi abordado, em uma delas, a interpretação das condições físicas fundamentais para a compreensão e escolha de alternativas de solução. Os problemas referidos constituíram as questões de avaliação parcial do tema cinemática de um corpo rígido; na semana seguinte à prova procedeu-se às entrevistas, que foram gravadas, com duração entre meia a uma hora para cada aluno. De um grupo de 28 alunos, 12 disponibilizaram horários e aceitaram o convite para participar desta pesquisa.

O objetivo das entrevistas era investigar a modelagem mental que estava por trás das concepções que os alunos manifestavam acerca das condições físicas que especificavam o problema, após a discussão sobre o tema feita em algumas aulas, onde várias situações-problemas foram enfocadas. Foram escolhidos dois problemas, retirados de um dos livros, indicados pelo professor para acompanhamento da disciplina (Hibbeler, 1999), modificando-se o enfoque original além de acrescentar-se questões de interpretação e de operações físicas. O resultado é mostrado a seguir:

*Analise as duas situações a seguir e responda ao que é solicitado.*

*I. No instante mostrado na figura, o caminhão se move para a direita a 8 m/s. A tubulação sobre ele não desliza em B; por outro lado, neste momento seu centro  $G$  é visto como estacionário por um observador no solo.*



*II. A bicicleta ao lado tem uma velocidade  $v = 1,2$  m/s para a direita e, nesse mesmo instante, sua roda traseira tem uma velocidade angular  $\omega = 3$  rad/s, correspondente ao sentido horário indicado, causando um deslizamento no ponto de contato A.*

- Podemos considerar os movimentos da tubulação e das rodas da bicicleta como movimento geral? Justifique.*
- Uma vez que a velocidade da bicicleta é dada como 1,2 m/s para a direita, é possível afirmarmos que todos os pontos da bicicleta, incluindo as rodas, movimentam-se com esta velocidade? Explique.*
- Que diferença ocasiona as informações sublinhadas nos dois enunciados para a descrição física do movimento de cada objeto? Determine as velocidades de B (situação I) e A (situação II).*
- Localize o centro instantâneo de rotação (CIR) para cada situação.*

As entrevistas, conjugadas com o desempenho escrito da prova, revelaram algumas regularidades nas suas análises, algumas das quais serão aqui relatadas e que repercutiram principalmente nas respostas aos itens a) e c):

1. A instantaneidade é um conceito difícil de ser apreendido pelos alunos; em geral, eles transferem a situação momentânea para uma situação permanente (no tempo).

*"Não consigo imaginar o instante; instante para mim é uma foto: tudo parado."* (aluna 5)

*" Interpretei que no primeiro seria rotação porque o centro G é estacionário, seria como uma roda do caminhão, como se passasse um eixo ali no centro. Como ele está sempre [grifo nosso] com o mesmo movimento seria rotação, o G parado sem translação. O caminhão estaria se transladando."* (aluno 7)

Esta concepção, ainda que já tenha sido razoavelmente explorada em alguns trabalhos de pesquisa (Arons, 1990; Costa e Moreira, 2002) mostrou-se de alguma forma decisiva para a escolha do tipo de movimento da tubulação na figura I, por exemplo. O item d) foi prejudicado também pela dificuldade de reconhecer instante de intervalo de tempo.

2. A não diferenciação entre movimento de um ponto e movimento do corpo como um todo resulta na compreensão equivocada dos movimentos descritos.

*" Quando vi o  $\omega$  primeiramente pensei que estava rolando em cima do caminhão, mas depois este ponto, G, é fixo, ele está parado, então ele não pode se movimentar, se não ele estaria girando. Eu vejo como este  $\omega$  aqui contradiz o resto "* (aluno 2)

*" Aqui fala no ponto B não há deslizamento, é, o ponto G é estacionário, então o cilindro não se move, aí fica parado."* (aluno 6)

Esta dificuldade já havia sido detectada numa investigação anterior (Costa e Moreira, 2003), com outro enfoque; então, além de corroborar o referido trabalho, contribuiu para uma interpretação inadequada dos movimentos sugeridos nos enunciados.

3. Os alunos, em geral, manifestaram entender a palavra deslizamento como sinônimo de movimento ou como sinônimo de translação. Outros manifestam uma relação entre deslizamento e movimento geral (porque associam com a necessidade de haver translação). Novamente é identificada a dificuldade de diferenciar, só que, no caso atual, conceitos.

*"O ponto B não desliza, tende a acompanhar o caminhão, o ponto B vai ter sempre a mesma velocidade do caminhão, como ele está em inércia, ele não se translada".* (aluno 9)

*"Ao mesmo tempo que roda em torno de um eixo ela está transladando; no caso da bicicleta ela roda porque ocorre deslizamento no ponto A; no caso do caminhão, por mais que não haja deslizamento, ela se translada porque o caminhão leva ele" ...não desliza significa que por si só não se translada".* (aluno 10)

A linguagem natural, efetivamente, resulta às vezes imprecisa, especialmente do ponto de vista do indivíduo. A linguagem científica requer ainda mais precisão, mas também é construída pelo indivíduo, que organiza seus conceitos de uma forma que não é fixa, nem hierarquizada ou racional. Para a mente de uma pessoa, uma palavra não evoca um único significado, correspondendo a um conceito determinado, mas um conjunto de conhecimentos ligados a este conceito. (Leal, 1998)

Durante as entrevistas alguns alunos referiram-se ao uso de, na linguagem deles, "macetes", outros "regras", oriundos das aulas, das experiências diárias, de certos problemas resolvidos, do discurso empregado pelo professor e pares, blocos de informação adjetivados por um aluno como "fixos"- o que foi interpretado como seus conceitos e teoremas-em-ação. Pensou-se que estes conhecimentos-em-ação, identificados neste grupo e não diferente dos resultados de outras investigações anteriores, poderia significar uma modelagem mental desprovida de elementos mais significativos que pudessem embasar inferências mais abalizadas; em outras palavras inferiu-se que faltava elementos que propiciassem relações de causa e efeito para a construção de seus esquemas, uma vez que geravam-nos a partir de descrições de características e "detalhes" dos movimentos que poderiam significar pouco para eles ou mesmo contribuir para a impossibilidade de generalizar conceitos e procedimentos a partir das situações- tarefas enfrentadas.

Como alternativa viável, pensou-se em promover-se a discussão da dinâmica de um ponto e do corpo rígido antes da cinemática de um corpo rígido. O papel da força de atrito estático e cinético foi apresentado, exemplificado, inclusive desmistificando a crença de muitos alunos que acreditam que a força de atrito sobre o corpo, cujo movimento queremos estudar, seja *sempre* contrária ao sentido do seu movimento. O papel da força de atrito no movimento de rolamento foi também discutido, podendo envolver rolamento sem e com deslizamento, estando presentes, respectivamente, o atrito estático e o cinético, diferenciando da situação onde podemos atribuir translação de um corpo sob a ação de atrito estático ou com a participação do cinético. Esta discussão foi embasada por situações-problemas que destacassem os pontos que queríamos focar, algumas discutidas em aula, outras propostas para os alunos resolverem individualmente ou em pequenos grupos.

Outro ponto discutido foi a questão da instantaneidade da situação utilizando exemplos que envolviam forças e movimento. Aproveitamos movimentos conhecidos, como o de um pára-quedista, cujo movimento apresenta acelerações variáveis a cada instante em função da força de atrito dependente da velocidade.

Após esta discussão, procedeu-se ao estudo das características do movimento de um corpo rígido. Para a avaliação, escolheu-se os mesmos problemas que geraram o primeiro estudo. Isso foi realizado no primeiro semestre deste ano (2003) com um grupo de 18 alunos. Neste caso não houve entrevistas, baseou-se apenas nos registros escritos de suas provas. Destes 18, três alunos não responderam a questão, 9 mostraram uma evolução em relação aos primeiros estudos e 6 mantiveram algumas características identificadas anteriormente, como interpretar deslizamento como sinônimo de translação ou mesmo de movimento. Reconhecemos que este aspecto não foi devidamente trabalhado, de modo que a surpresa inicial foi substituída pela constatação de que a linguagem realmente é um fator decisivo para a construção dos conhecimentos do indivíduo.

Algumas manifestações consideradas satisfatórias:

Sobre o significado do ponto de contato com a superfície deslizar ou não:

*" No caso da tubulação, como não desliza, no ponto B (é onde tem contato naquele momento com o plano horizontal) a velocidade é zero em relação ao plano horizontal;*

*já no caso da roda, sua velocidade não é zero, porque desliza no ponto A, logo sua velocidade é diferente que a do plano horizontal ( $v = 0$ ) com o qual está em contato."* (aluno I)

*" Para a tubulação, se a tubulação deslizesse em B, o observador não veria o centro G estacionário; para a bicicleta, se não estivesse deslizando, a velocidade da bicicleta seria maior." (aluno II)*

*" I) Quer dizer que ela rola sobre o caminhão sem deslizar, ou seja, no ponto B temos que ( $v_{\text{Caminhão}} = v_B$ ) mesmas velocidades lineares; II) no ponto de contato A ocorre que ( $v_A \neq v_{\text{ponto periférico da roda}}$ ), ou seja, a roda patina e se ela patina nesse instante não podemos fazer como ponto de referência (CIR) para o movimento como no caso anterior tínhamos G." (aluno III)*

Nestes três exemplos, representativos dos demais, nota-se que nos dois últimos os alunos manifestam uma compreensão do significado que lhes permitiu inferir além do que foi apresentado pelo aluno I. Já o próximo aluno revela, o que assinalou-se anteriormente, como uma compreensão ambígua do que se entende por deslizamento nestas situações.

*"Significa, no caso da tubulação, que o ponto B é de velocidade nula [ grifo nosso - não estabelece o referencial] no instante demonstrado e portanto a tubulação possui movimento somente de rotação, enquanto o caminhão possui translação somente (exceto suas rodas). O fato da roda da bicicleta deslizar indica que ela possui movimento de translação e rotação juntos, ou seja, movimento geral." (aluno XV)*

*" Os dois movimentos são geral. Mesmo a tubulação não deslizando em B, o caminhão faz com que ela translade para a direita e wla também está em rotação no sentido de  $\omega$ , portanto, movimento geral. O mesmo acontece com a roda, que rola em relação a C e translada por deslizar no ponto A. [grifo nosso] (aluno XI)*

Vê-se que ainda o conceito de deslizamento como sinônimo de translação é confundido, e, como consequência reflete-se na descrição e classificação dos movimentos da tubulação e da bicicleta. Entende-se que a dificuldade do conceito de instantaneidade também é responsável por esta interpretação inadequada.

Quanto aos demais itens, verificou-se que houve coerência em relação às concepções discutidas aqui, ou seja, os alunos que apresentaram suas concepções equivocadas nos itens discutidos, levaram-nas para os demais.

## Conclusões

Neste trabalho, apresentou-se alguns conhecimento-em-ação, como definidos por Vergnaud na sua teoria dos campos conceituais, de estudantes universitários e alunos de um dos autores na disciplina Mecânica Geral no ano de 2001, tendo como tema o movimento dos corpos rígidos. A identificação e a perseverança destes invariantes operatórios foram decisivos para que se buscasse uma forma de reverter a situação. Optou-se por modificar o programa da disciplina, invertendo a ordem de discussão dos conteúdos, baseando-se na hipótese que a descrição simples dos movimentos não permitia uma interpretação adequada das situações tarefas que lhes eram propostas. Por isso, antecipou-se a abordagem da dinâmica de um ponto e do corpo rígido, onde as causas de determinados movimentos foram enfocadas.

Isso está sendo concretizado neste ano de 2003. No primeiro semestre, repetimos a avaliação realizada em 2001 e obtivemos um resultado razoavelmente favorável, se levarmos em conta que 50% de todo o grupo ( N= 18) conseguiram manifestar-se de acordo com os modelos científicos, enquanto, no primeiro grupo (N= 12), todos apresentaram, em algum aspecto, as tendências registradas anteriormente.

Um aspecto que devemos revisar é o da linguagem utilizada e indevidamente interpretada, como foi discutido anteriormente. O próprio Vergnaud (1996) sugere um caminho para isso, propondo que se exponha o problema dos significados atribuídos às palavras para ser debatido: uma proposição explícita pode ser debatida, uma proposição tida por verdadeira de maneira totalmente implícita, não. Assim, o caráter do conhecimento muda se é comunicável, debatido e compartilhado (p. 204).

Neste semestre vamos prosseguir neste caminho, procurando identificar nos esquemas dos alunos os invariantes operatórios que nos permitem talvez ratificar algumas conquistas e quem sabe, promover outras.

### Referências bibliográficas

ARONS, A.B. *A guide to introductory physics teaching*. New York: John Wiley & Sons, 1990.

BARAIS, A. W., VERGNAUD, G. Students' conceptions in physics and mathematics: biases and helps. In CAVERNI, J.P., FABRE, J.M., GONZALEZ, M. (Eds.). *Cognitive biases*. North Holland: Elsevier Science Publishers, p. 69-84, 1990.

CLEMENT, M. Naive Theories of Motion. In: GENTNER, D., STEVENS, A.L. (Eds.) *Mental Models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1988, p. 299-324.

COSTA, S.S.C., MOREIRA, M.A. O papel da modelagem mental dos enunciados na resolução de problemas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 61-74, mar. 2002.

COSTA, S.S.C., MOREIRA, M.A. Conhecimentos-em-ação: um exemplo em Cinemática de um corpo rígido. Artigo enviado para publicação, 2003.

GIL PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SENENT PÉREZ, F. El fracaso en la solución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.6, n.2, p. 131-146, jun. 1988.

HIBBELER, R.C. . *Mecânica – Dinâmica* (8 ed.). Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos , 1999.

LANGOIS, F., GRÉA, J., VIARD, J. Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos en la resolución de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.13, n. 2, p. 174-191, jun. 1995.

LARKIN, J.H., McDERMOTT, J. SIMON, D.P., SIMON, H.A. Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, Washington, n. 208, v. 4450, p.1335-1342, Jun. 1980.

LEAL, A.. Teorías del significado en el lenguaje. In: In: MORENO M., SASTRE, G., BOVET, M., LEAL, A. *Conocimiento y Cambio*. Barcelona: Paidós, p. 47-61, 1998.

LEMEIGNAN, G., BARAIS, A.W. A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, London, v. 16, n. 1, p. 99-120, Jan./March 1994.



MORENO MARIMÓN, M. Una Teoría del Cambio: los Modelos Organizadores. In: MORENO M., SASTRE, G., BOVET, M., LEAL, A. *Conocimiento y Cambio*. Barcelona: Paidós, p. 63-84, 1998.

MOREIRA, M.A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. Aceito para publicação, 2002.

VERGNAUD, G. et al. Epistemology and Psychology of Mathematics Education. In NESHER, P. & KILPATRICK, J. (Eds.) *Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

VERGNAUD, G. Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. *Perspectivas*, v. 26, n. 10, p. 195-207, 1996

ZYLBERSZTAJN, A. Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniana. In: *VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Atas (CD-ROM)*. Florianópolis, 26 a 30 de outubro, 14 p., 1998