

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS III: FATORES QUE INFLUENCIAM NA RESOLUÇÃO
DE PROBLEMAS EM SALA DE AULA**
(**Problem solving III: factors influencing classroom problem**)

Sayonara Salvador Cabral da Costa [sayonara@puccs.br]

Instituto de Física, PUCRS

Av. Ipiranga, 6681

90619-900 - Porto Alegre - RS

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física, UFRGS

Av. Bento Gonçalves, 9500

91501-970 - Porto Alegre - RS

Resumo

Trata-se de uma revisão de literatura na área de *resolução de problemas*, particularmente em Física, enfocando o estudo de *fatores que influenciam na resolução de problemas em sala de aula*. Foram analisados 57 artigos em termos de *base teórica - fatores investigados/metodologia - resultados/fatores* relevantes, os quais foram organizados em uma tabela que serviu de base para uma síntese feita pelos autores. Este trabalho é o terceiro de uma série de quatro artigos de revisão abordando diferentes aspectos do tema *resolução de problemas*.

Palavras-chave: Resolução de problemas, Física, fatores em sala de aula.

Abstract

This paper presents a review of the literature in the area of *problem solving*, particularly in physics, focusing only on *factors that influence classroom problem solving*. Fifty-seven papers have been analyzed in terms of *theoretical basis, investigated factors/methodology* and *findings/relevant factors*, which were organized in a table that served as support for a synthesis made by the authors. It is the third of a four-paper series reviewing different aspects of the problem solving subject.

Key-words: Problem solving, physics, classroom factors.

Apresentação

Este é o terceiro de uma série de quatro artigos de revisão da literatura na área de resolução de problemas (R.P.), enfocando particularmente o campo da Física. Nele apresentamos apenas trabalhos que estudam os fatores que influenciam na resolução de problemas em sala de aula.

Os demais artigos desta área focalizam, respectivamente as relações e *diferenças entre novatos e especialistas* na resolução de problemas, *metodologias didáticas* para trabalhar problemas em sala de aula e *estratégias específicas* sugeridas para facilitar a atividade de resolver problemas.

Para fazer esta revisão consultamos as seguintes revistas, nos períodos indicados: *Studies in Science Education* (1981 a 1990); *Journal of Research in Science Teaching* (1981 a 1994); *European Journal of Science Education* (1979 a 1986) e *International Journal of Science Education* (1987 a 1994); *Enseñanza de las Ciencias* (1983 a 1994); *Science Education* (1980 a 1994); *Caderno Catarinense de Ensino de Física* (1984 a 1994); *Revista de Enseñanza de la Física* (1985 a 1994).

Além destas revistas foram consultados alguns exemplares de *The Physics Teacher*, *Physics Education*, *Cognition and Instruction*, artigos de livros e trabalhos apresentados em congressos e boletins, todos referidos no final deste trabalho.

Justificativa e definição

De um modo geral, os alunos apresentam alguma resistência à tarefa de resolver problemas, relacionada às dificuldades que eles enfrentam nesta atividade. Na área de Ciências e Matemática esta situação já está quase institucionalizada entre os professores e entre os próprios alunos. O estudante que apresenta um desempenho melhor em R.P. é considerado exceção.

A pergunta que devemos nos fazer é “Por que tantos alunos têm tão baixo rendimento quando solicitados a resolverem problemas?”.

A necessidade de investigarmos esta questão é indiscutível. Como participantes do processo ensino-aprendizagem, seja como professores e/ou pesquisadores, não podemos aceitar passivamente que esta situação permaneça como está. Urge que enfrentemos este desafio.

Atualmente, a Psicologia Cognitiva pode subsidiar-nos no que diz respeito a estudos sobre os fatores cognitivos que influenciam um indivíduo quando ele precisa resolver problemas de qualquer tipo, desde problemas do cotidiano até problemas de conteúdos específicos de papel e lápis.

Este artigo pretende apresentar e sintetizar trabalhos de pesquisa que enfocam alguns fatores que afetam a R.P. em Ciências e Matemática em sala de aula.

Certamente, há também fatores afetivos envolvidos na tarefa de resolver problemas, mas, como veremos, as pesquisas se ocupam predominantemente dos cognitivos.

Artigos

Na revisão feita, encontramos 57 artigos sobre resolução de problemas focalizando fatores que influenciam esta tarefa. Estes artigos estão listados ao final e condensados na tabela 3¹, em termos de autores/conteúdo/país, base teórica, fatores investigados/metodologia e resultados/fatores relevantes. Como a tabela é auto-explicativa, passaremos a tentar identificar regularidades, coisas em comum nestes artigos, tanto no domínio conceitual como metodológico.

Regularidades

- O processamento de informação (24 artigos), juntamente com a teoria de Piaget - incluindo neo e pós-piagetianos (21) - prevaleceram no que se refere aos domínios conceituais usados pelos autores, seguidos pelas teorias de aprendizagem de Ausubel-Novak e Novak-Gowin (5), Gagné (4) e outras, como por exemplo, o construtivismo em R.P. por investigação (3). Alguns artigos não têm explícitos seus referenciais

¹ As tabelas 1 e 2 são as tabelas básicas do 1º e 2º artigos desta série, respectivamente.

teóricos (5) ou citam vários referenciais (3). Artigos com mais de um referencial teórico foram contados mais de uma vez.

- Física contribuiu com 24 artigos; Química, 14; Ciências, 10; artigos independentes do conteúdo - testes de raciocínio, 6; Matemática, 5; Biologia, 5. Nesta classificação incluem-se artigos envolvendo mais do que um conteúdo (Física e Química, Ciências e Matemática, etc), os quais foram relacionados mais de uma vez.

- Participaram destes estudos autores dos cinco continentes: América do Norte (38) e do Sul (8), Europa (10), Oceania (3), África (2) e Ásia (2). Destes, os EUA contribuíram com 38 artigos, Venezuela (5 artigos), Espanha (4), Reino Unido (4), Brasil (3), África (2), Austrália (2), França (1), Portugal (1), China (1), Nova Zelândia (1) e Israel (1). Novamente, os artigos cujos autores representaram dois ou mais países foram relacionados mais de uma vez.

- Entre os fatores investigados e que influenciaram a R.P. em sala de aula, destacaram-se:

i) dificuldades em interpretar o problema (1º estágio), envolvendo o conhecimento semântico e específico do enunciado; as formas como o problema é apresentado ou formulado - uso de diagramas ou desenhos ou, simplesmente, verbal; número de variáveis ou informações que possam comprometer a memória de trabalho; representações confusas baseadas em analogias ou comparações equivocadas.

ii) dificuldades em utilizar conceitos chaves e articular instrumentos de resolução, relacionados com um ensino dissociado da prática de promover o conhecimento conceitual junto com o procedimental; o nível de explicação da maioria dos livros utilizados em sala de aula não contribui para isto, além de exigir, em seus textos, níveis de raciocínio superiores aos apresentados pelos alunos; por outro lado, alguns conteúdos mostram-se excepcionalmente difíceis para estudantes de escolas secundárias, destacando-se a Mecânica, em Física e a Genética, em Biologia: a primeira, motivada pelas idéias intuitivas e análises superficiais dos alunos, que sobrepujam as concepções científicas em situações de R.P., e a segunda, pela exigência de um nível de raciocínio formal inacessível à maioria destes alunos;

iii) a organização do conhecimento na memória de longo prazo, de forma hierarquizada, facilita o seu uso quando é requerido, e responde por erros e fracassos, em caso contrário; o que se observa nas pesquisas é que o uso de mapas conceituais (e diagramas Vê), sumários, sínteses, a prática de categorizar problemas, as orientações estruturadas durante o processo, a descrição da ordenação de passos específicos para executar a tarefa, relacionados com o conhecimento conceitual, são estratégias que parecem favorecer a organização do conhecimento que será necessário para desenvolver a tarefa efetivamente;

iv) a tendência de aplicação de “fórmulas” a um problema parece estar relacionada com o processamento de maiores “*chunks*” de informações, num certo tempo (Larkin, 1979); por outro lado, resolver problemas implica em capacidades cognitivas que extrapolam a simples aplicação de fórmulas; em alguns trabalhos foi detectado que resolver “*corretamente*” um problema, utilizando algoritmos, não significa necessariamente entendê-los ou conhecer o conteúdo (princípios) que eles representam; por isso, é recomendado que, na R.P., o aluno seja exposto a estratégias que impliquem reflexão sobre os seus procedimentos de ação baseados no seu conhecimento conceitual, permitindo o envolvimento do aluno e a aptidão para ver o problema numa forma holística - fator mais forte que afeta esta atividade;

v) como nas tabelas anteriores, a metodologia de pesquisa mais empregada foi a análise de protocolos verbais; outras envolveram o questionamento socrático de exames escritos, comparação de desempenhos de novatos e especialistas e associação de palavras.

Conclusão

Os fatores estudados nesta revisão da literatura e os resultados inferidos pelos autores certamente constituem uma fonte de informação relevante para todos os envolvidos no processo de elaboração e resolução de problemas.

É impossível que, de posse destes resultados não haja uma reflexão sobre as situações problemáticas que apresentamos a nossos alunos em sala de aula e/ou em avaliações, a começar pelo seu enunciado. Não se concebe resolver uma tarefa sem a compreensão dela, não só da linguagem (técnica) e dos símbolos empregados, reconhecendo aspectos já conhecidos, usá-los como guia na busca de uma solução.

Se nos detivermos na análise de conteúdo de um problema, já teremos motivos de sobra para nos preocuparmos. Pois a interpretação que um aluno dá a um enunciado proposto por um “especialista” será coerente com o seu universo de conhecimento; a representação do aluno dependerá de uma decodificação subjetiva.

As dificuldades que o aluno tem de articular estratégias de resolução não são geralmente sanadas por livros e/ou professores; muitos destes últimos esquecem de investir na discussão de procedimentos de ação relacionados com o arcabouço conceitual. “Falando genericamente, os livros textos são muito mais explícitos em enunciar as leis da matemática ou da natureza do que dizer algo sobre quando estas leis podem ser úteis em resolver problemas”(Simon, 1980, p. 92).

Outro fator apontado, a organização do conhecimento de forma hierárquica, viabilizada através de instrumentos como mapas conceituais e Vê de Gowin, por exemplo, sugere a proposta de problemas que sigam uma trajetória gradativamente mais complexa, envolvendo uma e depois mais variáveis, uma e mais relações entre elas, expondo os alunos a refletir sobre seus procedimentos de resolução baseados no seu conhecimento conceitual.

Um aspecto que não pode ser omitido é a falta de motivação que acompanha o aluno nesta tarefa. “Em geral, o aluno não “encontra” um problema que “sinta a necessidade” de resolver, mas lhes propomos um problema que “deve” resolver. Que significado tem para ele este problema ... por exemplo, relação entre tempo de queda e distância percorrida?” (Pozo, 1994, p. 94).

Pretendemos com este artigo contribuir um pouco para a reflexão sobre a prática de resolução de problemas no sentido de melhorar a eficácia de seu uso e facilitar o processo ensino-aprendizagem.

TABELA 3

Estudos sobre fatores que influenciam na resolução de problemas em sala de aula

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|--|--|---|
| <p>1. Arons (1981) (Física) EUA</p> | <p>Piaget</p> | <p>? Dificuldade em usar raciocínio proporcional em escalas geométricas. ? Dificuldade em usar alguns conceitos chaves: instante, velocidade/posição instantâneas e força. ? Dificuldade na aplicação das leis de Newton. ? Utilização do questionamento socrático com alunos de cursos introdutórios de Física.</p> | <p>? Concepções erradas são encontradas entre muitos professores de escolas secundárias. ? É fundamental que os professores conheçam estas dificuldades e sejam treinados para restabelecer o significado de termos que lhes tragam dificuldades num problema.</p> |
| <p>2. Clement (1981a) (Física) EUA</p> | <p>Parece ser processamento da informação (neo-piagetiano)</p> | <p>? Analogia espontânea em R.P. de sujeitos cientificamente treinados. ? Entrevistas gravadas com 10 experientes solucionadores de problemas.</p> | <p>? Dois principais processos envolvidos na confirmação de relações analógicas foram identificados: pareamento de relações chaves e formação de uma analogia de transferência de conclusões. ? Foram identificados, pelo menos, três tipos de mecanismos de geração de analogias: via um princípio abstrato, por transformações; por salto associativo. ? Casos análogos podem tanto desempenhar papel heurístico temporário, ajudando a gerar conjecturas, quanto desempenhar um papel mais permanente de um modelo na solução final; ou ambos.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|-----------------------------|--|---|
| 3. Clement (1981b) (Física) EUA | Não cita | <p>? Uso de uma fórmula em R.P. não implica em entendimento do modelo conceitual que a gerou.</p> <p>? Protocolos com alunos universitários em R.P.</p> | <p>Tipos de fatores úteis para expor grau de entendimento conceitual em R.P.:</p> <p>? desenhar gráficos qualitativos;</p> <p>? descrever verbalmente o evento;</p> <p>? resolver problemas com informações extras que provoquem o uso de fórmulas inadequadas.</p> |
| 4. Peduzzi e Moreira (1981) (Física) Brasil | Ausubel, Novak e Hanesian | <p>? Influência da estrutura cognitiva sobre a habilidade do aluno em resolver problemas.</p> <p>? Alunos do curso de Engenharia, na disciplina Física I, foram submetidos à técnica de Associação Escrita Dirigida de Conceitos (TAEDC) após três verificações de aproveitamento; 24 estudantes com conceitos variando de 9,0 a 10,0 foram escolhidos para análise multidimensional e de agrupamento hierárquico (técnicas estatísticas).</p> | <p>Resultados sugerem que diferentes estruturas cognitivas (construto hipotético referindo-se à organização ou inter-relações de conceitos na memória) causam diferentes desempenhos na solução de problemas.</p> |
| 5. Reif (1981) (Física) EUA | Processamento da informação | <p>? Base de conhecimento disponível para construir a solução - "<i>esquema</i>" do problema consistindo de conhecimento organizado (princípios, problemas úteis e relacionados) numa forma hierárquica.</p> <p>? Não foi utilizada uma metodologia, mas foram relacionados resultados já obtidos pela Ciência Cognitiva.</p> | <p>? Cuidado, pelo professor, em apresentar o conteúdo em forma organizada para ajudar o aluno nesta tarefa.</p> <p>? A organização hierárquica do conhecimento facilita o uso do conhecimento quando este é requerido.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|---|--|--|
| <p>6. Aguirre de Carcer(1983) (Física) Espanha</p> | <p>Piaget</p> | <p>? Análise das explicações de textos de Física de escolas secundárias espanholas utilizando esquema classificatório de categorias "concreta" e "formal".</p> <p>? Simultaneamente alunos secundários submeteram-se a teste de determinação de evolução intelectual (Longeot, 1965); resultados de teste de compreensão das explicações contidas em texto foram confirmados com entrevistas clínicas.</p> | <p>? Maioria dos livros introduz a Física usando esquemas de raciocínio formal.</p> <p>? Somente 17,8% das explicações de livros são acessíveis ao raciocínio concreto.</p> <p>? Maioria das explicações exige níveis de raciocínios superiores aos apresentados pelos alunos.</p> <p>? Na hipótese de os professores utilizarem as mesmas explicações em aula, justifica-se porque não há o desenvolvimento do raciocínio formal do aluno, que recorre a R.P. de problemas típicos.</p> |
| <p>7.Clement (1983) (Física) EUA</p> | <p>Cita trabalhos cujo referencial é Piaget</p> | <p>? Tipos de conhecimento usados para entender Física: estruturas de conhecimento (internas e externas à pessoa) orientadas por ações.</p> <p>? Observações realizadas pelo autor no ensino de Física; análise da comparação entre novatos e especialistas, durante R.P., feita por outros autores.</p> | <p>? A exposição formal do conteúdo de Física enfatiza o uso de fórmulas.</p> <p>? Conhecer uma fórmula não é o mesmo que saber usá-la.</p> <p>? Deve ser incentivada a utilização de vários modos de descrição de eventos.</p> <p>? Deve ser enfatizado o uso do porquê.</p> <p>? Devem ser trabalhados os conceitos intuitivos.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|---|---|---|
| <p>8. Fauconnet (1983) (Física) França</p> | <p>Cita resultados do processamento da informação</p> | <p>? Uso do conhecimento em R.P.</p> <p>? Foram escolhidos problemas isomorfos (solução com mesma estrutura matemática) para caracterizar o conhecimento; alunos em final de curso secundário e ingressantes na universidade foram entrevistados e após resolveram um problema escrito.</p> | <p>? Conteúdo físico e conhecimento específico associado perturbam fortemente o isomorfismo matemático.</p> <p>? Estrutura matemática e conceitos físicos não são suficientes na R.P.: depende da formulação da questão e sua leitura.</p> <p>? Deve ser explorada a análise qualitativa precedendo a resolução quantitativa.</p> |
| <p>9. Larkin (1983a) (Física) EUA</p> | <p>Processamento da informação</p> | <p>1. Representações do problema: ingênuas (novatos) e física (especialistas); protocolos fáceis e difíceis.</p> <p>? Uso de protocolos verbais.</p> <p>2. Efeito do ensino de representação física.</p> <p>? Estudantes iniciantes em Física receberam instrução; após, metade recebeu instrução específica em representação do problema e a outra metade trabalhou com equações na R.P.</p> | <p>? Representação física, em contraste com a ingênua (intuitiva), utiliza:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. entidades técnicas com significado apenas para a Física; 2. regras de inferências qualitativas e independentes do tempo; 3. representação muito associada com princípios físicos. <p>? Mesmo em problemas muito difíceis, especialistas selecionam uma representação física através de tentativas sucessivas.</p> <p>? Ensino da representação física afeta R.P.</p> <p>? Estudos demonstram ineficiência de livros textos na representação física em R.P.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|---------------------------------------|--|--|
| <p>10. Larkin (1983b) (Física) EUA</p> | <p>Processamento da informação</p> | <p>? Papel do conhecimento espacial numa tarefa complexa.</p> <p>? Um modelo computacional é construído, onde o conhecimento espacial é separado do adquirido das sentenças de um livro texto (regras de inferências diferenciadas); modelo é comparado com a atuação humana em R.P. com e sem o conhecimento espacial.</p> <p>? Análise de protocolos verbais de universitários (veteranos), tendo contato pela primeira vez com Estática dos Fluidos; após receberem instrução por meio de um texto, resolveram 3 problemas.</p> | <p>? Conhecimento espacial numa tarefa complexa desempenha papel decisivo.</p> <p>? Modelo contendo os dois tipos de conhecimento dá conta da resposta correta à R.P., ao construir uma representação rica do mesmo.</p> <p>? Quando o conhecimento espacial é retirado, o modelo elabora uma coleção de sentenças, por aplicar princípios físicos inadequadamente.</p> <p>? Estas conclusões referem-se aos resultados obtidos com humanos.</p> |
| <p>11. Perales e Cervantes (1984) (Física) Espanha</p> | <p>Citam alguns trabalhos em R.P.</p> | <p>? Verificar a validade da hipótese na qual o conhecimento prévio da solução de um problema exerce influência na resolução do mesmo.</p> <p>? Dois grupos da Escola Universitária de Magistério de Granada, cada qual dividido em dois subgrupos foram submetidos a uma prova de avaliação consistente com a resolução de 2 a 3 problemas de Física; em ambos os casos, a um subgrupo era ministrada a solução e ao outro, não.</p> | <p>? O conhecimento prévio da solução do problema condiciona os alunos, em situação de exame, na medida em que tentam falsear o processo de R.P. para chegar à resposta desejada.</p> <p>? No contexto do experimento, não houve diferença estatística no planejamento do problema para os dois grupos.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--|---|---|
| <p>12. Bascones e Novak (1985) (Física) Venezuela e EUA</p> | <p>Aprendizagem significativa de Ausubel</p> | <p>Dois sistemas instrucionais foram usados: um baseado na teoria de aprendizagem de Ausubel, onde o conteúdo foi seqüenciado do princípio mais geral para o particular, para servir de ancoragem para aprendizagem subsequente; uso de mapas conceituais nas discussões de R.P.; outro, tradicional.</p> <p>? Objetivo: sistemas de instrução × habilidades em R.P. (medidas pela aquisição de habilidades cognitivas relacionadas).</p> <p>? Estudantes secundários venezuelanos (N=76) foram divididos em dois grupos, com níveis intelectuais similares (teste de Raven, 1938). Habilidades em R.P. foram medidas por padrões de raciocínio usados na R.P. Após o teste foram realizadas entrevistas individuais para obtenção de informações adicionais.</p> | <p>? Apesar de ambos os grupos terem melhorado suas habilidades em R.P., o grupo experimental teve escores significativamente mais altos; é possível que a instrução tenha ajudado neste resultado.</p> <p>? Compreensão verbal é variável importante que afeta o processo cognitivo na R.P.</p> <p>? A correlação negativa encontrada entre compreensão verbal e atitude frente à ciência e R.P. parece ser consequência da diferença entre "passar" e "aprender".</p> |
| <p>13. Hellman (1989) (Física) EUA</p> | <p>Não cita</p> | <p>? Conhecimento conceitual e não-conceitual.</p> <p>? Estudo feito com alunos secundários submetidos a um total de 16 a 18 questões, duas das quais conceituais.</p> | <p>? Tipos de problemas - conceituais e não-conceituais - apresentam resultados de desempenho diferentes para um mesmo sujeito.</p> <p>? À medida que o sujeito avança no nível de complexidade da Física, a diferença nestes desempenhos diminui.</p> <p>? A avaliação do aluno deve envolver questões conceituais e não-conceituais.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|---|--|--|
| 14. Neto (1991) (Física) Portugal | Cita: aprendizagem significativa de Ausubel, Vygotski (pensamento e linguagem); modelo de processamento de informação e Piaget (domínio das operações formais); Gagné (1965), categorias de informação. | Influência de alguns fatores psicológicos pertinentes ao desempenho em R.P. de Física: ? base conceitual do aluno; ? informação verbal (relacionada com a linguagem); ? estratégias cognitivas e metacognitivas conhecidas pelo aluno; ? limitação da memória de trabalho; ? organização do conhecimento na memória de longo prazo. Estudo baseado em resultados da literatura em R.P. | R.P. de Física ao invés de ser encarada como uma atividade rotineira e monolítica deve ser encarada como uma tarefa complexa e multidimensional; sem a mudança metodológica dos professores a mudança conceitual dos alunos dificilmente ocorrerá. |
| 15. Villani (1991) (Física) Brasil | Não cita | ? Em cursos de atualização (ou formação) de professores, é urgente detectar o maior número possível de dificuldades dos professores (ou dos futuros professores) e circunstâncias, quando se manifestam. ? Entrevistas individuais constituem-se instrumento valioso para isso. ? Estudo baseado na experiência docente do autor em cursos de atualização. | ? Fontes de dificuldades encontradas em professores, durante cursos de atualização, no que diz respeito à R.P.: 1. dificuldade em delinear características relevantes do fenômeno analisado, na fase de esquematização do problema; 2. incapacidade de introduzir simplificações que tornem o problema manipulável, na fase de resolução; 3. incapacidade de articular instrumentos de resolução (conhecem os princípios mas não os vínculos entre eles). |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|---|--|---|
| 16. Lang da Silveira, Moreira e Axt (1992) (Física) Brasil | São citadas técnicas de ensino conceitual (mapas) de Novak e Gowin | ? Domínio dos conceitos é condição necessária mas não suficiente para R.P. ? Foram comparados resultados de exames de aplicação (R.P.) e exames conceituais para alunos de engenharia (1985-1989). | ? Estudos corroboram a hipótese. ? Resolver problemas implica capacidades cognitivas que extrapolam a simples aplicação de fórmulas. |
| 17. Otero e Kintsch (1992) (Textos de Física) Espanha e EUA | Modelo C.I. "Construction-integration" de compreensão (Kintsch, 1988) | ? Interpretação de texto. ? Estudo feito com texto contendo contradições e analisado por estudantes secundários de séries diferentes (116 + 102 alunos). | ? Compreensão de um texto está condicionada ao conhecimento prévio do aluno através da ativação de diferentes elementos do conhecimento que vão influenciar e interpretar o mesmo. ? Modelo proposto dá conta das diferenças de interpretação de um texto pela construção individual da representação do contexto por meio de redes, cujos nodos têm ligações positivas e negativas. |
| 18. Johnstone, Hogg e Ziane (1993) (Física) África e Escócia | Processamento da informação | ? Formas diferentes de proposição do problema × resultados em exames de R.P. ? Estrutura feita com ingressantes do curso de Física (N=116, Glasgow) e finalizando curso secundário (N=149), Argélia) através da apresentação de 5 formas de proposição do problema: texto, texto e diagrama, etc. | ? Ambos os grupos tiveram melhor desempenho nas formas em que o texto era acompanhado de um diagrama e na forma bem estruturada, onde os passos para a solução eram explícitos (diminuindo a carga na memória de trabalho). ? A forma de propor o problema é importante: em algumas podemos estar testando não só o conteúdo como aspectos psicológicos - espaço da memória de trabalho. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--------------|---|---|
| 19. Zhaoyao (1993) (Física) República da China | Não cita | <p>? Análise dos fatores que fazem com que o ensino e aprendizagem de alguns aspectos da Mecânica sejam difíceis.</p> <p>? Análise da resolução de três problemas interessantes realizados por estudantes universitários (interessantes).</p> | <p>? Supremacia da análise baseada em experiência pessoal sobre a explicação científica.</p> <p>? Má interpretação da questão proposta.</p> <p>? Análise superficial.</p> <p>? Processo envolvido em R.P. deve ser aprendido passo a passo; experiência não é Ciência; idéias corretas nem sempre levam a respostas corretas; transposição das leis de Newton para a prática traz problemas.</p> |
| 20. Fuller e Thornton (1981) (Ciências) EUA | Piaget | <p>? Desempenho de estudantes e métodos de solução em R.P. mudam dependendo da apresentação do problema.</p> <p>? Problemas que podiam ser resolvidos usando raciocínio proporcional foram administrados em 3 regiões do país, durante 3 anos, para mais de 8.000 estudantes universitários. Em cada ano, foram usados problemas escritos diferentes.</p> | <p>? Respostas dos estudantes foram categorizadas quanto ao nível de raciocínio intuitivo, aditivo, tentativa de uso de proporção, uso efetivo de proporção (fórmula) e conversão.</p> <p>? Influência da interpretação do problema no uso do raciocínio.</p> <p>? Influência da apresentação do problema (com números, unidades sugerindo conversões, com palavras substituindo os numerais).</p> <p>? Raciocínio aditivo é usado inapropriadamente por muitos estudantes.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|---|--|---|
| 21. Osborne e Wittrock (1983) (Ciências) Nova Zelândia e EUA | Piaget, processamento da informação (Gagné e White, 1978) | Evidências de trabalhos recentes atestam: 1. importância das idéias prévias das crianças sobre os conteúdos de Ciências; 2. as crianças, freqüentemente, passam nos testes sem mudar suas concepções. ? Proposta: teoria de aprendizagem (modelo) buscada na psicologia cognitiva e pesquisas sobre o cérebro - modelo de aprendizagem generativo de Wittrock, 1974), onde a motivação, atenção seletiva e reconstruções de idéias na memória de longo prazo são os fatores relevantes. ? Por ser resultado de trabalhos de outros autores, não apresenta metodologia. | Recomendações: ? motivar alunos desmitificando crenças adversas à aprendizagem em Ciências; ? assegurar materiais escritos bem estruturados; ? promover discussões durante R.P.; ? encorajar a construção de sumários, figuras, tabelas, explicações alternativas enquanto absorvem informação. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--------------|---|---|
| 22. Garnett, Tobin e Swingler (1985) (Ciências) Austrália | Piaget | <p>? Padrões de raciocínio usados por estudantes secundários (13-16 anos) associados com o raciocínio proporcional, controle de variáveis, raciocínio probabilístico, correlacional e combinatório.</p> <p>? Existe relação entre a habilidade de estudantes em usar estes padrões e seu nível de aproveitamento em Ciências em nível inicial, seleção de conteúdos de Ciências em nível posterior e aproveitamento neste nível?</p> <p>? Estudantes secundários (N=1.371) entre 13-16 anos submeteram-se ao "<i>teste de pensamento lógico</i>" (Tobin e Capie, 1981).</p> | <p>? Há um aumento gradual no número de estudantes aptos para usarem o raciocínio formal durante escolarização.</p> <p>? Alunos que não usam raciocínio formal têm menos chance de serem bem sucedidos no curso.</p> <p>? Coeficiente de correlação entre teste de raciocínio e seleção de conteúdos em Ciências (Física) é positivo; estudantes com poucas habilidades em raciocínio evitam conteúdos de Ciência em geral e Física em particular.</p> <p>? Professores devem conhecer estágios de desenvolvimento de seus alunos - aplicação de teste escrito.</p> <p>? Professor deve estabelecer demanda cognitiva de cada conteúdo para planejar a instrução.</p> <p>? Educação em Ciências deve priorizar desenvolvimento de padrões de raciocínio formal.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|--------------------------------------|--|--|
| 23. Linn (1986) (Ciências) EUA e Israel | Piaget e processamento da informação | <p>? Reconceitualização da natureza das estratégias de raciocínio em R.P.</p> <p>? Análise de protocolos (interferindo ou não na R.P.); comparação entre novatos e especialistas; representação do conhecimento; árvores hierárquicas; nível de análise apurado na solução de problemas individuais.</p> | <p>? É necessário incluir a capacidade de processamento, o conhecimento do assunto e o contexto na visão de R.P.</p> <p>? O meta-raciocínio (capacidade de raciocinar sobre seu próprio raciocínio), como estratégia de planejamento de R.P. científico, está substituindo a ênfase na inferência válida (lógica) proposta pela teoria de Piaget.</p> |
| 24. Garrett (1987) (Ciências) Reino Unido | Não cita (revisão da literatura) | <p>? É discutido o conceito de R.P. como é empregado na educação em Ciências.</p> <p>? Habilidade de reconhecer o problema é priorizada sobre sua resolução, destacando a experiência, conhecimento e interesse do indivíduo.</p> <p>? É discutida a relação entre criatividade e originalidade na resolução de quebra-cabeças e problemas.</p> <p>? Estudo baseado em resultados da literatura.</p> | <p>? Resolução de problemas pode ser considerada como atividade complexa de aprendizagem.</p> <p>? R.P. inclui reconhecimento do problema, acomodação, rejeição, descarte por falta de interesse, etc.</p> <p>? Professores devem reconhecer complexidade na R.P. e conceitos de originalidade e criatividade envolvidos; devem promover situações que permitam desenvolvimento destas atividades.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--|---|---|
| 25. Andrés (1991) (Ciências) Venezuela | Ausubel e Novak e a teoria de processamento da informação | ? Conhecimentos adquiridos pelo aprendiz na disciplina (novatos e especialistas). ? Destrezas cognitivas próprias de cada fase na R.P. (formação de imagens mentais, divisão do problema em subproblemas, etc.). ? Destrezas matemáticas. ? Diferenças individuais dos estudantes (idéias prévias, estudo cognitivo). ? Não há metodologia - análise de resultados de pesquisa nesta área. | Antes de resolver problemas é necessário assegurar que os estudantes tenham a estrutura de conhecimento requerida para a sua solução e que saibam o que é " <i>resolver um problema</i> ". |
| 26. Main e Roewn (1993) (Ciências) EUA | Baseados em outros estudos: Dewey (1930, 1931), Sternberg (1984) e Resnick (1987) e resultados em R.P. (Staver, 1986) e outros | ? Qual é a relação entre a orientação em tarefas práticas (de controle de variáveis) e o desempenho em R.P. para pares de estudantes de 6ª série? ? Como a estrutura da tarefa afeta o valor preditivo do instrumento de avaliação da tarefa prática (de controle de variáveis)? ? Tarefa prática foi realizada com 100 pares de estudantes da 6ª série; após a tarefa, foram avaliados quanto à predição de novos problemas. | 1. Embora os pesquisadores afirmem que o número de variáveis afeta a habilidade de R.P. (maior número de variáveis, maior carga na memória de trabalho, maior dificuldade de resolvê-lo), os pares foram surpreendentemente bem na tarefa de 4 variáveis. Condições ambientais parecem ter influenciado estes resultados: alunos podem usar suas habilidades e a evidência empírica para fazer e testar hipóteses. 2. Estrutura da tarefa mostrou ter um efeito no número de tentativas de solução: a menos estruturada foi resolvida em menos tempo e por menos tentativas. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--|---|---|
| 27. Watson (1994) (Ciências) Reino Unido | Cita trabalhos sobre processamento da informação | <p>? Fatores investigados na R.P. práticos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. aparato apresentado; 2. observação de como os outros grupos utilizam-no; 3. interpretação do resultado; 4. idéias que traziam. <p>? Foi usado o ciclo APU ("<i>Assessment of Performance Unit</i>"), como referência, para analisar como os alunos comportam-se na R.P., reunidos em grupos. A atividade envolveu 13 alunos (11-12 anos) e foi filmada.</p> | <p>? Fator mais forte que afeta a atividade é o envolvimento dos alunos no problema e a aptidão para vê-lo numa forma holística.</p> <p>? Formulação e apresentação do problema são fatores que devem ser analisados pelos professores para prever possíveis dificuldades para os alunos.</p> |
| 28. Linn (1980) (Ciência Cognitiva) EUA | Piaget | <p>? Fatores que influenciaram se os sujeitos empregaram ou não o mecanismo de controle de variável num problema: relevância da variável, objetivo percebido pelo experimentador e saliência da variável - fatores contextuais.</p> <p>? Cada fator foi investigado como uma atividade (prática) diferente, utilizando 60 alunos entre 18-19 anos, de classe média alta.</p> | <p>? Piaget popularizou a noção de que o raciocínio lógico não pode ser ensinado - a experiência direta é que conta para a aprendizagem.</p> <p>? Pesquisa sugere que este ensino pode acontecer desde que uma situação apropriada seja selecionada, envolvendo uma familiarização não só das variáveis do problema como expectativas do comportamento das mesmas.</p> <p>? Algumas pessoas recusam-se a raciocinar quando sua experiência prévia com as variáveis sob investigação é incompleta ou resultou de expectativas incorretas no passado.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--|--|--|
| 29. Linn (1977) (Tarefas de Piaget) EUA | Piaget e seguidores (Pascual-Leone, 1970 e McLaughlin, 1963) | ? Análise de quatro tarefas de Piaget para determinar quais características da tarefa influenciam o desempenho da mesma. ? Entrevistas individuais. | ? Educadores devem estar cômnicos que o aparato usado para explicar conceitos científicos pode simplificar mas também confundir - ou ele organiza perguntas para simplificar a tarefa, ou ajuda o aluno a organizar seus procedimentos. ? Em muitos casos, a expressão verbal dos alunos não condiz com suas ações. |
| 30. Lawson (1986) (Testes de raciocínio) EUA | Neo-piagetiana | ? Apresentação de um modelo neurológico de aprendizagem, percepção, cognição e controle motor de Steven Grossberg (1982). ? Aplicação do modelo em R.P. sensório-motora. ? Possíveis relações com R.P. de operações formais. ? As aplicações deste modelo foram idealizadas a partir de resultados da literatura. | ? Neste modelo, a aprendizagem é considerada uma modificação bioquímica de intensidades sinápticas; tanto a memória de curto quanto a de longo prazo são propriedades de conexões neurais. ? A aprendizagem de R.P. simples é feita em redes neurais envolvendo sinais excitatórios e inibitórios com pesos que se somam. ? Na R.P. de raciocínio proporcional, o aluno deve ser exposto a estratégias que enfoquem a contradição de suas respostas, conduzindo ao processo de equilíbrio. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--|--|---|
| 31. Staver (1986) (Tarefas de raciocínio) EUA | Teoria neo-piagetiana de Pascual-Leone | <p>? Efeitos da forma do problema e o número de variáveis independentes na resposta dos estudantes para um problema de raciocínio com controle de variáveis.</p> <p>? Foi utilizada tarefa de Inhelder e Piaget (1958) - "<i>Binding Rods Problem</i>"; participaram 548 alunos de 8º nível para os quais controle de variável representa tarefa complexa.</p> | <p>? Acrescentar variáveis independentes a um problema de raciocínio com controle de variáveis leva a uma sobrecarga da memória de trabalho - professor deve utilizar métodos de instrução que reduzam esta sobrecarga.</p> <p>? Efeito do formato está relacionado com o grau de sobrecarga na memória de trabalho; formatos diferentes de avaliação terão conseqüências diferentes na avaliação do raciocínio do aluno.</p> |
| 32. Larkin (1980) (Matemática e Ciências/Física) EUA | Processamento da informação | <p>? Estratégias gerais: análise de meio-e-fim; planejamento; uso de objetivos e sub-objetivos.</p> <p>? Estratégias específicas (para um domínio): uso de unidades funcionais de grande escala armazenadas na memória; conhecimento procedimental e representação do problema.</p> <p>? Os dados usados consistiram de observações detalhadas de indivíduos em R.P.</p> | <p>? Estas observações são usadas para construir modelos relativamente simples; freqüentemente estes modelos são simulações computacionais.</p> <p>? Os mecanismos de R.P. elucidados em matemática e ciências podem prover orientação para o planejamento da instrução, baseada nas estratégias gerais e específicas do conteúdo.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|---|--|---|
| 33. Greeno (1980) (Diversas áreas de raciocínio, inclusive Física) EUA | Processamento da informação | ? Conhecimento (de graus diferentes, num espectro contínuo). ? Processos envolvidos (dependendo do tipo de problema). ? Planejamento (subordinado ao conhecimento). ? Representação e entendimento. ? Estrutura do problema (bem ou mal estruturado). ? Não cita metodologia (revisão da literatura). | ? Antes de ensinar a resolver uma classe de problemas, analise o conhecimento que será necessário e promova instrução neste sentido. ? Resultados com enxadristas indicam que um problema é facilitado pela habilidade de identificar relações estruturais na situação (do jogo). ? Boas instruções para R.P. são necessárias para subsidiar pesquisadores teóricos nos estudos em R.P. |
| 34. Rubinstein (1980) (Curso em R.P.) EUA | Projeto <i>"Engineering Concepts Curriculum Projects"</i> | ? Padrões de R.P. abordando: 1. ferramentas para a representação do problema; 2. modelos como ensinar a pensar; 3. identificação de estilos pessoais em R.P.; 4. aprendizagem para ultrapassar barreiras conceituais; 5. lidar com a incerteza; 6. o processo de R.P.; 7. tomada de decisões, individual e em grupo; 8. papel dos valores em R.P.; 9. natureza holística e interdisciplinar da R.P. humana. ? O curso é interdisciplinar, portanto frequentado por físicos, psicólogos da Inteligência Artificial, filósofos, químicos, matemáticos, executivos, administradores, etc. | ? Experiência em curso interdisciplinar em R.P. tem se mostrado exitosa, tanto pelas avaliações quanto pelo testemunho dos participantes. ? Sugestões provindas do curso: 1. para um aluno aprender um conceito permita que ele lhe ensine; 2. concentre-se num pequeno número de conceitos e aprofunde-os bastante, utilizando o máximo de implicações possíveis; 3. encoraje os alunos a perguntar; 4. não expresse dúvidas sobre as habilidades dos alunos em aprender. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|--|---|---|
| 35. Resnick (1982) (Matemática e Ciências) EUA | Resultados de pesquisas da Ciência Cognitiva | <p>Resultados de estudos em Física e outras ciências têm demonstrado:</p> <p>? resolver bem problemas de livros-texto não significa resolver bem problemas físicos reais;</p> <p>? teorias "ingênuas" dos alunos interferem na aprendizagem dos conceitos científicos;</p> <p>? sucesso em R.P. depende da análise qualitativa do problema antes do processo quantitativo.</p> <p>? Não apresenta metodologia neste artigo.</p> | <p>? Professor deve ser consciente de que o aluno constrói seu conhecimento, que este implica em conhecer relações e que a aprendizagem depende do conhecimento prévio.</p> <p>? É recomendável começar com crianças a contestar teorias "ingênuas"; focalizar aspectos qualitativos de situações científicas e matemáticas.</p> |
| 36. Greeno (1983) (Matemática e Física) EUA | Processamento da informação | <p>? Entidades cognitivas disponíveis para representar situações problemáticas - ontologia de um domínio (para um sistema representacional).</p> <p>? Não há uma metodologia; a proposta do modelo está baseada em resultados empíricos do próprio autor e de outros pesquisadores, além de análises teóricas.</p> | <p>? A "ontologia de domínio de um problema" pode influenciar R.P.:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) facilitando a formação de analogias entre domínios; 2) permitindo uso de procedimentos gerais de raciocínio; 3) provendo eficiência e facilitando o planejamento. <p>? Trabalhos descritos sugerem que a instrução seja proposta de forma que o aluno adquira entidades conceituais para a representação do problema e, ao mesmo tempo, os procedimentos para fazer os cálculos e inferências requeridas na R.P.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|---|--|--|
| 37. Karplus, Pulos e Stage (1981) (Matemática) EUA | Neo-piagetiana | ? Problemas de comparação - complementação da pesquisa. ? Estudantes (N=116) do 6º nível e (N=137) do 8º nível de escola americana foram submetidos a 4 problemas de proporcionalidade. | Alguns fatores qualitativos de raciocínio proporcional e de estratégias incorretas foram estabelecidos: ? tipo de comparação (inclui uso raro da multiplicação cruzada); ? tipos de comparação e estratégias usadas. |
| 38. Mayer (1986) (Matemática) EUA | Processamento da informação e hierarquia da aprendizagem de Gagné | ? Quatro ferramentas particularmente relevantes à psicologia da Matemática: modelos de compreensão (ou representação interna do problema), modelos de esquema (seleção e integração da informação), modelos de processos (que passos são utilizados na R.P.) e modelos de estratégias (como os indivíduos planejam e executam). ? Utilização de 6 tarefas representativas destas atividades: 1. contar até 10; 2. recitar fatos aritméticos; 3. computar aritmética multidígitos; 4. resolver problemas de polias; 5. resolver problemas de equações algébricas; 6. resolver problemas - história - matemática. | Estratégias exemplificadoras precisam ser praticadas, permitindo automação das operações básicas e desenvolvimento das tarefas mais complexas. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|--|---|--|
| 39. West e Kellett (1981) (Química) Austrália | Ausubel, Novak e Hanesian (1980) | <p>? Hipóteses:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aprendizagem significativa de habilidades intelectuais é realçada pelo processo subsunso de Ausubel. 2. Conhecimento prévio funciona, neste caso, como organizador avançado. <p>1. Estudo feito com alunos quase novatos no conteúdo, divididos em 2 grupos (E: recebeu organizador avançado; C: recebeu material impresso não organizado).</p> <p>2. Estudo envolveu alunos de três escolas que mostraram capacidade em R.P.</p> | Em geral as hipóteses foram corroboradas (estudos 1 e 2). |
| 40. Gabel e Sherwood (1983) (Química) EUA | Gagné e White (estruturas da memória, 1978) e resultados da pesquisa em R.P. | <p>? Papel da estratégia de ensino de R.P. com estudantes de diferentes habilidades de raciocínio, níveis de ansiedade matemática e preferências verbais e visuais.</p> <p>? Estudantes secundários (N=607), de 8 escolas, foram submetidos, cada grupo, a um tipo de estratégia (entre 4): analogias, diagramas, proporcionalidade e análise das unidades de grandezas envolvidas. Todos foram submetidos a pós-testes imediatos e depois de um certo tempo.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Estudo da interação atitude × treinamento mostrou que a ansiedade matemática e a habilidade de raciocínio proporcional estão relacionadas com o sucesso em R.P. (escolas secundárias). 2. Dependendo do assunto, o método mais indicado varia. 3. A utilização de métodos mais (ou menos) matemáticos pode ser fator de diminuição da ansiedade dos alunos. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|---|---|--|
| 41. Bodner e McMillen (1986) (Química) EUA | Sugerem o entendimento do problema como um estágio holístico, ou da gestalt, onde informação relevante é extraída | ? Importância dos primeiros estágios na R.P. através de resultados de correlação entre desempenho em tarefas espaciais e em Química Orgânica e Inorgânica. ? Conjunto de testes de habilidade espacial foi aplicado para 587 estudantes e correlacionado com os resultados em química. | Para incrementar a habilidade em R.P. professores devem: ? resolver verdadeiros problemas; ? descrever os passos que incluem a leitura, a reestruturação, que permitirão formar uma imagem mental do problema, encaminhando-o para uma solução. |
| 42. Gabel e Samuel (1986) (Química) EUA | Cita trabalhos sobre analogias e fraco desempenho em R.P. | ? Identificar dificuldades na R.P. sobre molaridade. ? Uso de tarefas análogas para ensinar este tema. ? Testes de analogias e de Química foram aplicados a 619 estudantes de 5 escolas de regiões diferentes. | ? Aparentemente, estudantes que entendem os conceitos para R.P. também têm facilidade em usar frações. ? Dificuldade é maior nos problemas de concentrações e diluições, aparentemente pela dificuldade de entenderem o conceito. ? Uso de analogia pode ajudar na solução do problema desde que seja percebida pelo aluno. ? Alunos que fracassam no uso de analogias provavelmente usam mais algoritmos para R.P. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--------------------------------|--|--|
| 43. Kempa (1986) (Química) Reino Unido | Processamento da informação | <p>? Causas das deficiências na R.P. de exames habituais (geralmente problemas "reprodutivos").</p> <p>? Foram examinados protocolos de resolução de 60 estudantes (16 e 17 anos) recém egressos de um curso de Química.</p> <p>? Foi usada a técnica de associação de palavras para um grupo de bons e outro de maus solucionadores de problemas.</p> <p>? Foram analisados resultados de R.P. para enunciados diferenciados.</p> | <p>? Erros identificados na R.P.:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. incompreensão do enunciado (8%); 2. problemas de memória (60%); 3. erros de processamento (25%). <p>? Erros e fracassos dependem significativamente da organização dos conhecimentos na memória semântica dos estudantes.</p> <p>? Estudantes incapazes de distinguir informação relevante de irrelevante.</p> <p>? Sugestão de uso de mapas cognitivos de alunos para diagnosticar seus fracassos.</p> |
| 44. Mensah (1986) (Química) África | Processamento da informação | <p>? Investigação da estratégia usada por estudantes secundários de Química quando realizam cálculos de análise volumétrica e identificação de dificuldades conceituais durante R.P.</p> <p>? Estudantes do 12º ano (onde Química é opcional), 47 no total, de 8 escolas, submeteram-se à R.P. de laboratório seguida de questões escritas. Ambas tarefas eram verbalizadas e gravadas. Os alunos selecionados apresentaram-se com desempenhos médio e alto antes do processo.</p> | <p>? Basicamente duas estratégias - abordagem por fórmula e por proporção com suas variantes.</p> <p>? Predominantemente é usada a primeira estratégia que reflete como eles foram ensinados.</p> <p>? Parece que esta estratégia permite processar maiores "chunks" de informação (fórmulas), num certo tempo, do que a estratégia de proporção.</p> <p>? A primeira abordagem foi usada por alunos mais hábeis e a proporção por menos hábeis.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--|---|--|
| 45.Niaz (1988) (Química) Venezuela | Modelo neo-piagetiano de Pascual-Leone et al. (1979) | <p>? Efeito do aumento da demanda M (quantidade de processamento da informação requerida) de problemas de Química, de mesma estrutura lógica, no desempenho de estudantes com diferentes capacidades M (capacidade de seu mecanismo de concentração mental), estilos cognitivos e padrões de raciocínio operacional formal.</p> <p>? Estudo envolveu 115 estudantes de Química I (universidade venezuelana). Foram aplicados um pré-teste e dois exames (contendo itens, com a demanda 6 e 7). Durou 2 meses e as 4 seções do curso foram ministradas por instrutores diferentes.</p> | <p>? O aumento da demanda M permitiu classificar estudantes em:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) grupo (constante), que respondeu corretamente antes e depois da manipulação da demanda M, e obteve melhores escores no pré-teste; 2) grupo (positivo), que aperfeiçoou seus escores; 3) grupo (negativo), que diminuiu seus escores; 4) grupo (zero), que não variou o seu mau desempenho. <p>? Mesmo um pequeno aumento na informação pode causar um obstáculo considerável para os alunos.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--|--|--|
| 46. Staver e Jacks (1988) (Química) EUA | Teoria de Piaget dos neo-piagetianos (Niaz e Lawson) | <p>? Influência dos níveis de raciocínio cognitivos, habilidade cognitiva de reestruturação, habilidade de desembaraço, capacidade da memória de trabalho e conhecimento prévio de estudantes secundários para o balanceamento de equações químicas por inspeção.</p> <p>? Participaram 83 estudantes, submetidos a pré e pós-teste, divididos em 4 turmas de mesmo professor. Cada variável independente representava um atributo do sujeito.</p> | <p>? O conhecimento prévio, considerado isoladamente, influencia, através das fórmulas, o balanceamento das equações.</p> <p>? Quando o conhecimento prévio, a reestruturação e a memória de trabalho são considerados, somente a reestruturação influencia o balanceamento.</p> <p>? A capacidade da memória de trabalho somente influencia certos itens do pós-teste.</p> <p>? Conhecimento prévio e reestruturação influenciam alguns itens do pós-teste.</p> <p>Implicações: ensino de balanceamento de equações por inspeção deve privilegiar as leis de conservação da matéria e permitir estudos quantitativos de reações químicas.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|--|--|--|
| <p>47. Niaz (1989) (Química) Venezuela</p> | <p>Modelo neo-piagetiano de Pascual-Leone (1970)</p> | <p>Hipóteses:</p> <p>? Num grupo de sujeitos, de mesma estrutura de espaço M (máximo número de diferentes esquemas que podem ser coordenados num certo momento para produzir uma resposta - "<i>campo de consciência</i>"), quando em presença de problemas independentes do conteúdo, o desempenho é superior a quando os problemas forem de conteúdo específico.</p> <p>? Num grupo de sujeitos de mesma estrutura de espaço M e o mesmo estilo cognitivo, o desempenho em R.P. de Química decresce com o aumento da demanda M.</p> <p>? Estudantes de Química I (N=55) foram submetidos a um pré-teste que avaliou os seus espaços estruturais M, o grau de dependência do conteúdo/independência, o nível de desenvolvimento e de inteligência; o conteúdo do curso foi avaliado pela análise de 23 itens (demanda 4 até 7).</p> | <p>? A disponibilidade do espaço M, na presença de problemas de contexto específico, é reduzida pela sobrecarga - uso do espaço funcional M ao invés do espaço estrutural M.</p> <p>? A memória de trabalho é afetada por vários fatores, desde a falta de interesse do aluno até o uso de um algoritmo que pode reduzir a demanda M de um problema.</p> <p>? Pequenas mudanças na quantidade de processamento da informação requerida na R.P. (demanda M) podem causar sobrecarga na memória de trabalho (pouca capacidade de mobilização da capacidade).</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|---|---|--|
| 48. Bowen (1990) (Química) EUA | Cita autores de processamento de informação e Piaget | <p>? Descrever os tipos de representação que sujeitos constroem enquanto resolvem problemas de síntese orgânica.</p> <p>? Cerca de 17 voluntários de um curso de pós-graduação em síntese orgânica foram submetidos a 3 "protocolos", em etapas diferentes. As aulas foram administradas normalmente e as avaliações foram feitas através de trabalhos extraclasse e exames.</p> | <p>? Indicação de pelo menos 7 sistemas representacionais utilizados: verbal, pictorial, metodológico, orientado por princípios, da literatura, orientado por laboratório e econômico (os dois primeiros foram usados por 100% da amostra).</p> <p>? Professor deve investigar sobre a representação de seus alunos e a sua própria no conteúdo que vai desenvolver.</p> <p>? Proposta de um modelo específico cíclico para a abordagem do tema síntese.</p> |
| 49. Tingle e Good (1990) (Química) EUA | Cita alguns trabalhos a favor da transmissão social do conhecimento (inclusive Piaget e Vygotski) | <p>? Determinar o efeito que grupos cooperativos heterogêneos têm na R.P. de estequiometria em escolas secundárias (baseada na habilidade de raciocínio proporcional).</p> <p>? Alunos (N=178) de 3 escolas públicas (10º-12º níveis) submeteram-se a teste de raciocínio formal, cujos resultados permitiram que fossem agrupados heterogeneamente. Um professor, em cada escola, trabalhou durante 7 semanas com grupo experimental e de controle - neste, os alunos trabalhavam individualmente.</p> | <p>? Não houve diferença estatística nos resultados dos grupos E e C quanto ao desempenho em R.P, sobre estequiometria.</p> <p>? Mesmo assim sugerem o uso de agrupamento cooperativo como abordagem para R.P. a fim de promover habilidades de interação que podem favorecer a internalização dos conceitos científicos.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|---|--|---|
| 50. Bunce, Gabel e Samuel (1991) (Química) EUA | Processamento da informação | <p>? Prover prática específica em categorizar problemas de Química melhora o desempenho do estudante; comparando com o uso do EMPS - "<i>Método Explícito de R.P.</i>" (utilização de heurística).</p> <p>? Alunos (N=24) do curso universitário de Química constituíram 2 grupos: o de tratamento enfatizou a categorização de problemas por discussão e o de controle utilizou o EMPS.</p> | <p>? Instrução específica em técnicas de categorização melhora o desempenho em R.P. desde que o problema requeira o uso de mais do que um conceito químico na sua solução (comparado com o uso do EMPS).</p> <p>? Apesar de que o uso do EMPS também incrementa a habilidade em R.P. ele fracassa na conceituação das entidades físicas do problema.</p> <p>? O ideal é combinar as estratégias.</p> |
| 51. Niaz e Robinson(1992) (Química) Venezuela e EUA | Modelo neo-piagetiano de Pascual-Leone (1970) | <p>? Efeito da manipulação de estruturas lógicas em problemas de química no desempenho dos estudantes.</p> <p>? Como as variáveis cognitivas podem explicar mudanças neste sentido.</p> <p>? Estudo foi constituído por universitários (calouros) com características comuns como dificuldades matemáticas, pouco conteúdo de química, terem ficado sem estudar por certo tempo, etc.</p> | <p>? Mesmo pequeno aumento na estrutura lógica de um problema pode mudar o papel das variáveis cognitivas - capacidade mental e raciocínio formal, de forma que o aumento na complexidade lógica aumenta a vantagem dos estudantes que treinaram em problemas similares.</p> <p>? O uso de algoritmos pode diminuir o papel da capacidade de concentração mental (M), restando o raciocínio formal como a única variável que explica o desempenho dos alunos.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|---|--|---|
| 52. Alonso, Gil e Torregrosa (1992) (Física e Química) Espanha | Modelo construtivista pela investigação | <p>? Papel e característica da avaliação no modelo de ensino por investigação.</p> <p>? Análise da prática atual de avaliação.</p> <p>? Projetos de avaliação coerentes com modelo e teste de efetividade.</p> <p>? Foram analisadas 470 perguntas de 73 exames habituais, de 47 professores; 150 perguntas de 32 exames, de 15 professores que utilizaram modelo de investigação. Os 105 exames abarcavam todos os níveis de ensino médio (14-18 anos).</p> | <p>? Atividades incluídas em exames habituais são coerentes com modelo de transmissão de conteúdos elaborados - favorecem aprendizagem repetitiva (95,7%).</p> <p>? Atividades propostas pelos professores familiarizados com modelo de investigação mostram baixa percentagem em atividades repetitivas (21,3%).</p> <p>? Escassa presença de atividades sobre aspectos das relações Ciência/Técnica/Sociedade e ausência total de atividades auto-reguladoras - atividades já discutidas em aula e que apresentaram dificuldades ou atividades propostas com outra redação.</p> |
| 53. Champagne e Klopfer (1981) (Biologia e Física) EUA | Cita Piaget, Novak, Greeno e outros (processamento da informação) | <p>? Interação entre o conhecimento semântico e a habilidade de processamento no desempenho de estudantes ao resolver dois tipos de problemas, de analogia e classificatório.</p> <p>? Estudo com estudantes do 8º ano de uma escola urbana de classe média (N=27). Foram avaliados antes e imediatamente após as 4 semanas de instrução.</p> | <p>? Alunos com alta habilidade de processamento ou baixa têm o mesmo desempenho em problemas de analogia.</p> <p>? Habilidade no processamento contribui mais para a solução bem sucedida em problemas classificatórios do que em analogias.</p> <p>? No estabelecimento dos objetivos instrucionais, os processos devem ser incorporados ao lado dos conteúdos.</p> <p>? A instrução para ambos os tipos de problemas deve diferir ao longo da dimensão do processo.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|---|--|--|
| 54. Lawson (1987) (Biologia) EUA | Cita: ? níveis de desenvolvimento de Piaget; ? teoria neo-piagetiana de Pascual-Leone; ? estudos de Johnson-Laird sobre a relevância do conteúdo no raciocínio lógico. | ? A lógica hipotético-dedutiva para a solução do " <i>problema das 4 cartas</i> " pode ser adquirida por adolescentes racionais. ? Adolescentes (N=203) de escolas secundárias foram classificados por níveis de desenvolvimento por meio de um teste escrito; depois, um teste avaliou a dependência ou não do conteúdo e a capacidade mental. Seguiram-se um pré-teste, uma instrução mínima e dois pós-testes (um deles, um mês após o outro). | ? Os dois pós-testes mostraram-se significativamente relacionados com o nível de desenvolvimento dos sujeitos - o operacional formal em geral teve sucesso, mas o concreto não. ? Aparentemente, alguns adolescentes adquiriram estruturas mentais que os permitem raciocinar usando lógica proposicional sob certas condições. ? Conteúdo não é decisivo no desempenho dos adolescentes: a " <i>familiaridade</i> " é mais significativa à internalização de padrões de argumentação. ? Recomenda que professores utilizem métodos de trabalho de múltiplas hipóteses, onde cada aluno assumindo uma delas busque meio de falsear as demais. |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|--|--------------------------------|--|--|
| 55. Stewart (1983) (Genética) EUA | Processamento da informação | <p>? Descrição da disposição de passos específicos (conhecimento procedimental) de estudantes secundários de Biologia na R.P. de Genética.</p> <p>? Descrição da execução de cada etapa em termos de seu conhecimento conceitual.</p> <p>? Dados sobre o conhecimento conceitual e procedimental foram obtidos com duas entrevistas gravadas, onde alunos secundários, alguns novos em classes de Biologia (N=12) e outros recém egressos do mesmo curso (N=15) realizaram alguns problemas em voz alta.</p> | <p>? Estudantes foram classificados em grupos pelas similaridades no conhecimento conceitual e procedimental:</p> <p>A: não obtiveram soluções - conhecimento conceitual fraco.</p> <p>B: conseguiram obter algumas soluções - algumas dificuldades no conhecimento conceitual.</p> <p>C: obtiveram respostas corretas; grau para o qual entendiam o que executavam em cada passo variava.</p> <p>? É fácil ser bem sucedido em R.P. seguindo algoritmos, sem entender o conhecimento conceitual no qual eles se apóiam.</p> <p>? Desentendimentos entre conceitos básicos e relações fundamentais entre eles provocam respostas inadequadas - modelos confusos.</p> <p>? Inabilidade em descrever como conceitos estão relacionados indica falta de entendimento de como a Genética é estruturada.</p> |

| AUTORES/PAÍS | BASE TEÓRICA | FATORES INVESTIGADOS/METODOLOGIA | RESULTADOS/FATORES RELEVANTES |
|---|--------------------------|---|---|
| 56. Gipson, Abraham e Renner (1989) (Biologia) EUA | Piaget | <p>? Relações entre certos aspectos do pensamento operacional formal e as dificuldades conceituais relacionadas com R.P. em Genética mendeliana.</p> <p>? Estudantes universitários de Biologia (N=71) durante 3 semanas assistiram aulas sobre o tema. Oito semanas depois submeteram-se a teste de retenção e entrevistas piagetianas sobre raciocínio proporcional, combinatório e probabilístico.</p> | <p>? Estudantes necessitam ter desenvolvido suas capacidades intelectuais ao nível operacional formal para aprender Genética mendeliana.</p> <p>? Professor deve identificar conteúdo adequado para a instrução, baseado no desenvolvimento intelectual de seus alunos - isto sugere um espaço limitado para a Genética mendeliana na escola secundária.</p> |
| 57. Smith e Sims Jr. (1992) (Genética) EUA | Construtivismo de Piaget | <p>? Análise crítica da posição de certos professores que, diante dos esquemas piagetianos de raciocínio formal requeridos em problemas de Genética, sentem-se encorajados a examinar as necessidades cognitivas na sua instrução.</p> <p>? Como parte de estudo maior, 9 alunos de graduação (em ciências e não-ciência) mais 11 pós-graduados e instrutores de Biologia submeteram-se a entrevistas para resolver 7 problemas clássicos de Genética e 3 tarefas piagetianas envolvendo raciocínio operacional formal.</p> | <p>? Surpreendentemente, da análise da demanda cognitiva, o nível formal de raciocínio não é requerido na solução de problemas de Genética típicos.</p> <p>? Alguns conceitos genéticos são mais difíceis para estudantes "<i>operacional-concreto</i>" entenderem. Neste caso, professores devem ajudá-los provendo experiências ou exemplos e não simplesmente omitindo Genética do curso secundário.</p> |

Referências

- AGUIRRE de CARCER,I. (1983). Dificultades en la comprensión de las explicaciones de los libros de texto de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2):92-98.
- ALONSO,M., GIL,D. e MARTINEZ TORREGROSA,J. (1992) Los exámenes de Física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2):127-138.
- ANDRÉS, M. (1991). Resolver problemas de física; cómo enseñar? *Boletín CENAMEC 4*.(Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia) Caracas, Venezuela: 89-103.
- ARONS, A. (1981). Thinking, reasoning and understanding in introductory physics courses. *The Physics Teacher*, 19(3):166-172.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. (1980) *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- BASCONES,J. e NOVAK,J.D. (1985). Alternative instructional systems and the development of problem-solving skills in physics. *European Journal of Science Education*, 7(3):253-261.
- BODNER, G.M. e MCMILLEN,T.L.B. (1986). Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8):727-737.
- BOWEN, C.W. (1990). Representational systems used by graduate students while problem solving in organic synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(4):351-370.
- BUNCE, D.M., GABEL,D.L. e SAMUEL,J.V. (1991). Enhancing chemistry problem-solving achievement using problem categorization. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(6):505-521.
- CHAMPAGNE, A.B. e KLOPPER,L.E. (1981). Structuring process skills and the solution of verbal problems involving science concepts. *Science Education*, 65(5):493-511.
- CLEMENT, J. (1981a). Analogy generation in scientific problem solving. Memórias do *Third Annual Meeting of the Cognitive Science Society*.
- CLEMENT, J. (1981b). Solving problems with formulas: some limitations. *Engineering Education*, nov.:158-162.
- CLEMENT,J. (1983). Some types of knowledge used in understanding physics. Trabalho apresentado no *International Seminar on Physics Education*, La Londe Les Maures, Jun 26-Jul 13.
- DEWEY, J. (1930) *Human nature conduct*. New York: Randon House.
- DEWEY, J. (1931). *Phylosophy and civilization*. New York: Minton, Balch & Co.
- FAUCONNET,S. (1983). Exploring the ways students solve physics problems. A study about problems of similar structure.Trabalho apresentado no *International Summer Workshop on Physics Education*, La Londe Les Maures, Jun.26-Jul.13.
- FULLER,R.G. e THORNTON,M.C. (1981). How do college students solve proportion problems? *Journal of Research in Science Teaching*, 18(4):335-340.
- GABEL,D.L. e SHERWOOD,R.D. (1983). Facilitating problem solving in high school chemistry. *Journal of Research Science Teaching*, 20(2):163-177.
- GABEL,D.L. e SAMUEL,K.V. (1986). High school student's ability to solve molarity problems and their analog counterparts. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(2):165-176.
- GAGNÉ, R.M. (1965). *The conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- GAGNÉ, R. e WHITE, R. (1978). Memory structures and learning outcomes. *Review of Educational Research*, 48:187-272.

- GARNETT,P.J., TOBIN,K. e SWINGLER,D.G. (1985). Reasoning abilities of secondary school students aged 13-16 and implications for the teaching of science. *European Journal of Science Education*, 7(4):387-397.
- GARRETT,R.M. (1987). Issues in science education: Problem solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, 9(2):125-137
- GIPSON,M.H., ABRAHAM,M.R. e RENNER,J.W. (1989). Relationships between formal-operational thought and conceptual difficulties in genetics problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(9):811-821.
- GREENO,J.G. (1980).Trends in the theory of knowledge for problem solving. Em Tuma, D.F. e Reif,F. (eds.). *Problem solving and education: issues in teaching and research*: 9-23. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- GREENO,J.G. (1983). Conceptual entities. Em Gentner,D. e Stevens, A.L. (Eds.). *Mental Models*: 227-252. Hillsdale, N.J.:Lawrence Erlbaum Associates.
- GROSSBERG, S. (1982) *Studies of mind and brain*. Dordrecht, Holland: D. Reidel.
- HELMANN,W. (1989). Conceptual versus nonconceptual questions in the grading of physics students. *The Physics Teacher*, 27(5):383-386.
- INHELDER, e PIAGET, J. (1958). The growth of logical thinking from childhood to adolescence. New York: Basic Books.
- JOHNSTONE,A.H., HOGG,W.R. e ZIANE,M. (1993). A working memory model applied to physics problem solving. *International Journal of Science Education*, 15(6):663-672.
- KARPLUS,R., PULOS,S. e STAGE,E.K. (1981). *Early adolescent's proportional reasoning on "rate" problems. Mathematical reasoning improvement study*.Trabalho financiado em parte pela National Science Foundation. University of California, Berkeley, Califórnia.
- KEMPA,R.F. (1986). Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2):99-110.
- KINTSCH, W. (1988) The use of knowledge in discourse processing: a construction-integration model. *Psychological Review*, 96:163-182.
- LANG da SILVEIRA,F., MOREIRA,M.A. e AXT,R. (1992). Habilidade en preguntas conceptuales y en resolución de problemas de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1):58-62.
- LARKIN,J.H. (1979).Processing information for effective problem solving. *Engineering Education*, dez.: 285-288.
- LARKIN, J.H. (1980). Teaching problem solving in physics: the psychological laboratory and the practical classroom. Em Tuma, D.F. e Reif, F. (eds.). *Problem solving and education: issues in teaching and research*. (p. 111-126). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- LARKIN,J.H. (1983-a). The role of problem representation in physics. Em Gentner,D. e Stevens,A.L.(eds.). *Mental Models*: 75-98. N.J.:Lawrence Erlbaum Associates.
- LARKIN,J.H. (1983-b). Spatial reasoning in physics. Department of Psychology of Carnegie -Mellon University: 1-39. Trabalho apresentado na Conferencia de La Londe Les Maures, jun.26-jul.13.
- LAWSON,A.E. (1986). A neurological model of sensory-motor problem solving with possible implications for higher-order cognition and instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(6):503-522.
- LAWSON,A.E. (1987).The four-card problem resolved? Formal operational reasoning and reasoning to a contradiction. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(7):611-627.

- LINN,M.C. (1977). Scientific reasoning: influences on task performance and response categorization. *Science Education*, 61(3):357-363.
- LINN,M.C. (1980). When do the adolescents reason? *European Journal of Science Education*, 2(4):429-440.
- LINN,M.C. (1986). Science. Em Sternberg, R.J. e Dillon,R.F. (Eds.) *Cognition and Instruction*: 155-294. New York: Academic Press.
- LONGEOT, F. (1965). Analyse statistique de trois tests genetique collectifs. *Bulletin de l'Institute Nacional de l'Etude*, vol. 20:219-235.
- MAIN, J.D. e ROWE, M.B. (1993). The relation of laws-of-control orientations and task structure to problem-solving performance of sixth-grade student pairs. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4):401-426.
- MCLAUGHLIN, G.H. (1963). “Psicho-logic: a possible alternative to Piaget’s formulation”. *British Journal of Educational Psychology*, 33:61-67.
- MAYER,R.E. (1986). Mathematics. Em Sternberg,R.J. e Dillon,R.F. (Eds.). *Cognition and Instruction*: 127-154. New York:Academic Press.
- MENSAH,J.A. (1986). Cognitive strategies used by chemistry students to solve volumetric analysis problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(9):759-769.
- NETO,A.J. (1991). Factores psicológicos de insucesso na resolução de problemas de Física: uma amostra significativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3):275-280.
- NIAZ,M. (1988). Manipulations of M demand of chemistry problems and its effect on student performance: a neo-piagetian study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8):643-657.
- NIAZ,M. (1989). Relation between Pascual-Leones's structural and functional M-space and its effect on problem solving in chemistry. *International Journal of Science Education*, 11(1):93-99.
- NIAZ, M. e ROBINSON, W.R. (1992). Manipulations of logical structure of chemistry problems and its effect on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3):211-226.
- OSBORNE, R.J. e WITTRICK, M.C. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67(4):489-508.
- OTERO,J . e KINTSCH, W. (1992) Failures to detect contradictions in a text: what readers believe what they read. *Psychological Science*, 3(4):229-235.
- PASCUAL-LEONE, J. (1970) A mathematical model for the transition rule in Piaget’s developmental stages. *Acta Psychologica*, 32:301-345.
- PASCUAL-LEONE, J. e GOODMAN, D. (1979). Intelligence and experience. *Instructional Science*, 8:301-367.
- PEDUZZI, L.O.Q. e MOREIRA, M.A. (1981). Solução de problemas em Física: um estudo sobre a influência da estrutura cognitiva. *Revista Brasileira de Física*, 11(4):1085-1102.
- PERALES PALACIOS,F.J. e CERVANTES MADRID,A. (1984). Influencia del conocimiento del resultado numérico en la resolución de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(2):97-101.
- POZO,J.I. et al. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana, S. A.
- REIF,F. (1981). Teaching solving problem - a scientific approach. *The Physics Teacher*, 19(5):310-316.
- RESNICK,L.B. (1982). A new conception of mathematical and science learning. *Trabalho apresentado no National Convocation on Precollege Education in Mathematics and Science, National Academy of Science and National Academy of Engineering*, May 12-13.
- RESNICK, L.B. (1987). *Education and learning to think*. Washington DC: National Academy Press.

- RUBINSTEIN, M.F. (1980). A decade of experience in teaching an interdisciplinary problem solving course. Em Tuma,D.F. e Reif,F. (Eds.). *Problem solving and education: issues in teaching and research*: p.25-38, Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- SIMON, H.A. (1980). Problem solving and education. Em Tuma, D.F. e Reif, F. (eds.). *Problem solving and education: issues in teaching and research* (p. 81-96). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- SMITH,M.U. e SIMS JR.,O.S. (1992). Cognitive development, genetics problem solving and genetics instruction: a critical review. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7):701-713.
- STAVER,J.R. (1986). The effects of problem format, number of independent variables, and their interaction on student performance on a control of variables reasoning problem. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(6):533-542.
- STAVER,J.R. e JACKS,T. (1988). The influence of cognitive reasoning level, cognitive restructuring ability, disembedding ability, working memory capacity,and prior knowledge on student's performance on balancing equations by inspection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9):763-775.
- STERNBERG, R.J. (1984) *Beyond IQ: a triarchic theory of intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- STEWART,J. (1983). Student problem solving in high school genetics. *Science Education*, 67(4):523-540.
- TINGLE,J.B. e GOOD,R.(1990).Effects of cooperative grouping on stoichiometric problem solving in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(7):671-683.
- TOBIN, K.G. e CAPIE, W. (1981) Development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, vol. 41:413-424.
- VILLANI,A. (1991). Reflexões sobre as dificuldades cognitivas dos professores de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 8(1):7-13.
- WATSON,J.R. (1994). Student's engagement in practical problem solving: a case study. *International Journal of Science Education*, 16(1):27-43.
- WITTRUCK, M.C. (1974) Learning as a generative process. *Educ. Psychology*, 11:87-95.
- WEST,L.H.T. e KELLETT,N.C. (1981). The meaningful learning of intellectual skills: an application of Ausubel's subsumption theory to the domain of intellectual skills learning. *Science Education*, 65(2):207-219.
- ZHAOYAO,M. (1993). Difficulties in teaching and learning mechanics: a consideration of three problems. *Physics Education*, 28(6):371-375.

Recebido em 10.03.97.

Aceito em 21.05.97.

