

Processamento da informação e aprendizagem significativa na solução de problemas

The processing of information and significant learning in the solution of problems

Márcia Regina Ferreira de Brito

Professora Titular do Departamento de Psicologia da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, onde atua nos cursos de graduação e Pós-Graduação. Coordena o grupo de pesquisas sobre Psicologia da Educação Matemática.
e-mail: mbrito@unicamp.br

Resumo

O presente texto busca estabelecer alguns pontos de proximidade entre a teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel e a teoria do processamento de informação. Apresenta resumidamente o desenvolvimento da Psicologia Cognitiva e as diferenciações entre esta e a Ciência Cognitiva, incluindo algumas explicitações de conceitos como maturação, desenvolvimento, aprendizagem e solução de problemas, sendo este último o principal foco de análise. O texto refere-se à solução de problemas como uma atividade mental superior ou de alto nível que envolve o uso de conceitos e princípios necessários para atingir a solução. Este processo apresenta fases bem definidas e sobre as quais a maioria dos autores apresentam concordância. Finalizando, o texto apresenta resumidamente as fases de pensamento durante a solução de problemas, destacando a aprendizagem significativa como elemento essencial para obtenção de resultados.

Palavras-chave

Aprendizagem significativa; solução de problemas; processamento de informações.

Abstract

The present text seeks to establish some points of proximity between the theory of meaningful learning developed by David P. Ausubel and the Human Information Processing Theory. It presents some ideas on the development of Cognitive Psychology and points out some differences between Cognitive Psychology and Cognitive Science, including some explanations of concepts such as maturity, development, learning and problem solving. Problem solving is conceptualized as a superior mental activity or high level thinking that includes the use of meaningful concepts and principles necessary for arriving at the solution. This process presents well defined phases and the majority of the authors agree on this. Finally, the text presents a summary of the different phases of thought during the solution of problems, bringing out meaningful learning as an essential element in the obtaining of results.

Key words

Meaningful learning; problem solving; information processing.

Introdução

Nesta mesa, cujo título é “Um possível diálogo entre a Teoria da Aprendizagem significativa (TAS) e outras teorias cognitivas: A relação com a psicogenética, o sócio-interacionismo e o processamento da informação” me foi solicitado que tentasse estabelecer alguns pontos comuns entre a teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel e a teoria do processamento de informação. Trata-se de uma tarefa bastante complexa dada a natureza e amplitude da teoria proposta por Ausubel e, principalmente, pelo pouco espaço e tempo disponível.

Dentro destas limitações vou tentar estabelecer algumas conexões entre a solução de problemas na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e os mecanismos de funcionamento cognitivo propostos pela teoria do processamento de informação, ambas teorias cognitivas que enfocam o desenvolvimento, a aprendizagem e o ensino. Para tanto, o tema comum para tal explanação centra-se na solução de problemas que está presente nas diferentes abordagens da psicologia, desde seus primórdios, com a Gestalt, o Behaviorismo e na Psicologia Cognitiva (BRITO, 1977). Em primeiro lugar é importante ressaltar o caráter de continuidade que está presente na abordagem cognitiva atual, na qual não existe uma oposição entre as teorias comportamentais e as teorias cognitivas.

De acordo com Gagné, Yekovich, E Yekovich (1993), a Psicologia Cognitiva começou como ciência empírica em 1879 e a maioria das pessoas daquela época que se

dedicava ao estudo desta ciência emergente poderia ser chamada de cognitivista. O principal foco de interesse era a compreensão dos fenômenos mentais; dentre estes estudos destacam-se aqueles elaborados por Wundt relativos aos elementos da consciência e os escritos de Freud sobre o inconsciente. O surgimento de estudos voltados à descrição dos comportamentos produziu um longo período em que eram poucos os trabalhos relativos aos aspectos da mente. Entre o manifesto de Watson e o ressurgimento da psicologia cognitiva transcorreram quase cinco décadas.

Autores como Anderson (1995, p.11) estabeleceram a diferença entre Ciência Cognitiva e Psicologia Cognitiva. De acordo com este autor, a Ciência Cognitiva usa, em grande parte, métodos como a simulação dos processos cognitivos e a análise lógica, enquanto a Psicologia Cognitiva se apóia amplamente nas técnicas experimentais provenientes da era behaviorista, usadas para o estudo do comportamento. Apontou dois fatos que podem ser considerados os marcos destas ciências: o marco da Psicologia Cognitiva seria a publicação do livro de Ulrich Neisser “*Cognitive Psychology*”, em 1967, no qual a Psicologia Cognitiva era apresentada como uma alternativa ao behaviorismo. A consolidação da Psicologia Cognitiva se dá três anos mais tarde com a publicação, em 1970, do periódico *Cognitive Psychology*. Já a Ciência Cognitiva estabeleceu-se como área a partir de 1976, com o aparecimento da publicação *Cognitive Science*. Os principais fatores de influência foram o impulso nas pesquisas sobre o desempenho humano;

o desenvolvimento dos computadores e a possibilidade de simulação dos processos mentais e, também, o desenvolvimento das teorias da informação e da lingüística.

A consolidação da Psicologia Cognitiva ocorreu a partir da década de 1970, com o acréscimo das publicações sobre o processamento de informações e a retomada dos trabalhos dos autores soviéticos. A partir destes acontecimentos, a Psicologia Cognitiva estabeleceu-se definitivamente (CALFEE, 1981; ANDERSON, 1995). Além destes fatos, o avanço também se deveu ao esforço de pesquisadores como Herbert A. Simon, que dirigiu seus esforços para a consolidação da área e a formação de novos pesquisadores (KLAHR & KOTOVSKY, 1989; ANDERSON, 1995).

É importante observar que embora sejam notados todos estes avanços a integração do conhecimento na psicologia cognitiva e, de forma mais geral, nas ciências cognitivas, ainda não está resolvida. Porém, a declaração de postulados comuns produziu um contexto muito mais favorável ao progresso de um conhecimento mais integrado que aquele existente na primeira parte do século (BRITO e NEUMANN, 2001).

Alguns conceitos essenciais

Desde seus primórdios, a Psicologia, independente da abordagem, discorre sobre temas como maturação, desenvolvimento, aprendizagem, ensino e solução de problemas e existem numerosos estudos que tratam desta diferenciação. Embora não haja acordo total sobre as definições e processos envolvidos pode-se verificar uma

série de elementos comuns sobre os quais parece não haver nenhuma discordância.

Ausubel, Novack e Hanesian (1978, in BRITO 2001), referem-se à maturação como um incremento na capacidade dos indivíduos, sendo estas ocorrências verificadas na ausência de uma experiência específica de aprendizagem e podem ser atribuídas às experiências acidentais e/ou às influências genéticas que afetam o substrato neuroanatômico e neurofisiológico do comportamento, da percepção, da memória e assim sucessivamente.

Sternberg e Grigorenko (2002, p.163 in BRITO, 2005) apontaram que termos como aprendizagem, desenvolvimento e aquisição de competências que são essenciais para a compreensão de mudanças apresentam algumas divergências entre diferentes autores, porém possuem três indiscutíveis pontos em comum (PASCUALLEONE, 1995; VAN GEERT, 1995; VIGOTSKII, 1962/1934). São eles: a) o aparecimento de algo novo (destreza, função ou nível); b) adotam procedimentos contínuos e descontínuos; c) supõem uma direcionalidade.

De acordo com Brito (2001) a aprendizagem é um processo que envolve as esferas cognitiva, afetiva e motora e pode ser inferida a partir de mudanças relativamente permanentes no comportamento, resultantes da prática, sendo que estas mudanças não podem ser confundidas com as mudanças causadas pela maturação biológica ou pela atuação de fatores externos como drogas e fadiga.

Em texto anterior (BRITO, 2001) aponte, com base na literatura e nos estudos desenvolvidos pelo PSIEM (grupo

de pesquisas em Psicologia da Educação Matemática), que a maneira como a aprendizagem acontece (o “momento” em que o indivíduo aprende alguma coisa, se é que podemos falar disso) é diferente da maneira como ele vai incorporar esta nova aprendizagem, possibilitando uma maior ou menor retenção do material aprendido e uma maior ou menor transferência dessa aprendizagem para novas situações e posterior uso. Assim ‘tipo de aprendizagem’ refere-se aos mecanismos disponibilizados e exigidos por diferentes situações (nos moldes propostos por Robert Gagné em seus diferentes escritos) e “formas de aprendizagem” (mecânica e significativa) refere-se à maneira como os novos elementos aprendidos são retidos na estrutura cognitiva.

Isso significa que, dependendo do que vai ser aprendido, diferentes mecanismos de aprendizagem serão acionados e, dependendo da situação na qual a aprendizagem ocorre, será processado diferentemente, além de incorporado e retido na estrutura cognitiva de formas distintas. Aqui, “situação de aprendizagem” deve ser entendida como todos os componentes externos e internos ao aprendiz, particularmente as experiências passadas.

Aprendizagem e solução de problemas

A solução de problemas é altamente dependente dos conceitos e princípios anteriormente aprendidos e que são disponibilizados na memória e combinados de forma a levar ao resultado final, permitindo que a estrutura cognitiva amplie-se e inclua

os elementos novos, seja relativo ao conhecimento declarativo ou ao conhecimento de procedimentos.

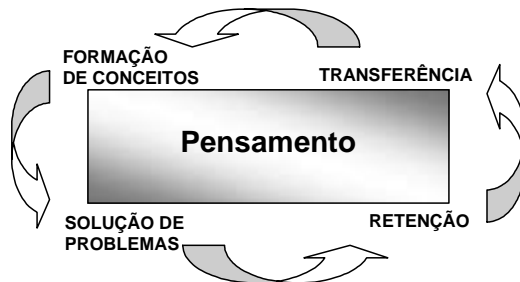


Figura 1. O pensamento e a solução de problemas

Etapas da solução de problema

Em um texto anterior (BRITO, 2001) foi apontado que a solução de problemas refere-se a uma atividade mental superior ou de alto nível e envolve o uso de conceitos e princípios necessários para atingir a solução. Pela estreita relação entre a solução de problemas do ponto de vista da Psicologia e as exigências das disciplinas escolares o entendimento sobre a solução de problemas teve um grande avanço; para isso contribuíram os estudos sobre inteligência e o desenvolvimento de testes psicológicos e toda a pesquisa desenvolvida ao longo do século passado.

A solução de um problema configura-se quando um indivíduo, frente a uma determinada situação, busca mecanismos significativos para atingir um resultado satisfatório, problematizando um ou mais aspectos, convertendo os elementos significativos disponíveis em dados do problema a ser solucionado, dirigindo o pensamento e o esforço mental na busca de mecanismos

que permitam re-estabelecer o equilíbrio na estrutura cognitiva. É por meio da busca de possibilidades para se atingir um estado final desejado que se torna possível perceber os mecanismos de solução.

Para Ausubel (1968) a solução de problemas refere-se a “qualquer atividade na qual a representação cognitiva da experiência prévia e os componentes de uma situação problemas são re-organizados de forma a atingir um objetivo desejado” (AUSUBEL, 1968, p.572). Esse autor enfatizou o papel fundamental da estrutura cognitiva na solução de problemas apontando que a solução de qualquer tipo de problema envolve a re-organização, na estrutura cognitiva, dos resíduos de experiências anteriores, buscando atender as exigências da nova situação. Pode-se afirmar aqui que quanto mais significativos forem os resíduos, maior será a facilidade no processamento da solução (BRITO, 1977).

Ao tratar dos estágios e estratégias da solução de problemas, Ausubel (1968, p.573) baseou-se nos estágios propostos por Dewey em 1910 e estabeleceu os seguintes estágios temporais sucessivos:

1. Um estado de dúvida ou perplexidade cognitiva, frustração ou consciência de uma dificuldade;
2. Uma tentativa de identificar o problema, buscando atingir os objetivos propostos, as lacunas que devem ser preenchidas, considerando os elementos definidos pela situação que caracteriza o problema;
3. Relacionar o conjunto de proposições do problema com a estrutura cognitiva ativando o conjunto de idéias relevantes, presentes na estrutura cognitiva, buscan-

do soluções previamente encontradas, as quais são re-organizadas (transformadas) na forma de proposições ou hipóteses;

4. Testagem sucessiva das hipóteses e, se necessário, reformulação do problema;
5. Incorporação da solução bem sucedida na estrutura cognitiva (entendimento significativo) e aplicar esta solução bem sucedida a outras similares.

Estas etapas propostas por Ausubel são bastante semelhantes às etapas propostas por outros autores (detalhamento dos tipos de abordagem e dos estágios de solução de problemas pode ser encontrado em BRITO, 1977 e 2001)

De acordo com Polya (1981) quando um indivíduo soluciona um problema, o pensamento passa pelas seguintes etapas:

1. Compreensão do enunciado do problema: a partir da leitura do mesmo; a partir desta leitura o sujeito identifica as palavras, a linguagem e os símbolos assumindo uma disposição para a busca da solução.
2. Concepção de um plano: neste momento são disponibilizados os procedimentos úteis para a obtenção da solução.
3. Execução do plano: quando são selecionados e aplicados os procedimentos mais úteis.
4. Verificação da solução: o sujeito confere e interpreta a solução nos termos da situação dada no problema.

De maneira similar, Krutetskii (1976) tratou das etapas pelas quais passa o pensamento durante a solução de problemas e apontou três fases no pensamento:

1. Obtenção da informação matemática.
2. Processamento da informação matemática.
3. Retenção da informação matemática.

Assim, pode ser verificado que de maneira mais extensa ou mais resumida, os diferentes autores apontam etapas similares pelas quais passa o pensamento durante a solução de problemas e os teóricos do processamento de informações buscaram descrever mais detalhadamente estes procedimentos mentais.

É consenso que a atividade de solução de problemas, tal como tratada nas diferentes disciplinas escolares, vale-se dos conceitos, princípios (conhecimento declarativo) e estratégias (conhecimento de procedimentos) disponíveis na estrutura cognitiva; isto é, frente a uma situação nova e desafiadora, o indivíduo busca os elementos relevantes e significativos (para aquela situação) e disponibiliza estes elementos.

Esquemáticamente, o processo se daria da seguinte forma:

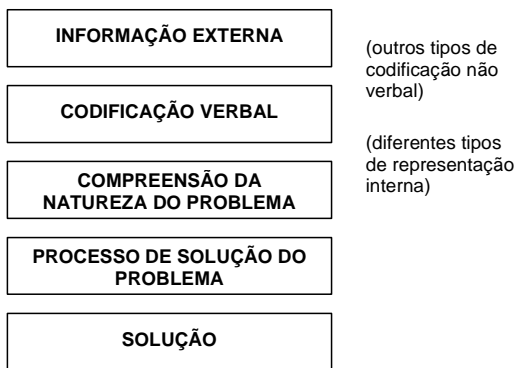


Figura 2. Modelo de relações entre o raciocínio verbal e o raciocínio matemático durante a solução de problemas (adaptado de BRITO, FINI e NEUMANN, 1994).

A teoria da aprendizagem significativa (TAS) proposta por Ausubel refere-se aos diferentes estágios da solução de problemas e centra-se mais na forma de incorpo-

ração, enquanto as teorias do processamento da informação buscam explicar mais detalhadamente como estes processos encobertos ocorrem. Para Ausubel, os procedimentos, conceitos e princípios envolvidos serão incorporados ou não de maneira significativa dependendo das variáveis da situação. Além deste aspecto, destacou a importância da compreensão do *insight* como processo e como produto, destacando a relevância do primeiro.

Antes de passarmos a esta descrição mais detalhada dos níveis de processamento de informação é importante ressaltar que Ausubel (1978, p.64 e seguintes) tratou do conceito de "chunking" atribuindo a ele um papel de fundamental importância na reestruturação cognitiva, possibilitando arranjos organizados em seqüências significativas. O conceito de "chunk" foi proposto inicialmente por Miller em 1956 e refere-se a pequenas parcelas de conhecimento. O termo "chunking", derivado da teoria da informação, refere-se ao processo de re-organização sucessiva dos *inputs* de estímulos em seqüências menores, composta de vários *chunks*, ligados significativamente e eficientemente organizados, mostrando que podemos falar de uma seqüência de *chunks*. Após discutir o papel deste conceito na retenção significativa ou mecânica, com base nos experimentos de Miller, Ausubel apontou que não se pode afirmar que é o fator de familiaridade das conexões que facilita a aprendizagem, mas sim o significado do material. Destacou também (AUSUBEL, 1978, p.66) os trabalhos de Simon que elaborou uma revisão do conceito proposto por Miller, acentuando a importância do sig-

nificado como uma variável de extrema importância que influencia a qualidade e a quantidade da aprendizagem. Ausubel mostrou como Simon, um dos principais teóricos do processamento, em seus estudos sobre a memória tendo como sujeitos os jogadores de xadrez, redefiniu o conceito de “chunk”, mostrando que a quantidade de material retido é uma função do procedimento experimental, da experiência prévia dos sujeitos e do significado do material.

Níveis de processamento de informação

Um ponto central da teoria do processamento humano da informação, de acordo com Ericsson e Hastie (1994, p.46, in BRITO, 2001) “os processos cognitivos e o pensamento podem ser descritos como uma seqüência de estágios, cada um deles definido por uma quantidade limitada de informação ativa na atenção (memória de curto prazo). Cada estágio fornece as condições para o surgimento e processamento da informação no estágio seguinte”.

Ao elaborar uma informação, a estrutura cognitiva opera a partir de dois níveis de processamento de informação que podem ser ativados a partir das exigências de uma dada tarefa. São eles: Nível I ou componentes de baixo nível e o nível II ou componentes de alto nível. O nível I ou componentes de baixo nível: Refere-se ao aspecto funcional (relativo à função). Os componentes de baixo nível podem ser combinados em estratégias. O nível II ou componentes de alto nível que se refere ao pensamento de ordem superior, aos metacomponentes.

Nível I ou componentes de baixo nível

Neste nível estão incluídos os componentes de baixo nível agrupados em estratégias e que são conjuntos de componentes sempre executados pela combinação de certas classes de tarefas de pensamento. Os componentes de baixo nível referem-se a um processo de informação primária que opera sobre as representações internas de objetos e símbolos. Os componentes de baixo nível podem ser combinados em estratégias que geram quatro tipos diferentes de componentes de nível I que diferem entre si de acordo com a função que desempenham. São eles: a) Componentes de desempenho; b) Componentes de aquisição; c) Componentes de retenção; d) Componentes de transferência.

Os componentes de desempenho são aqueles processos que ocorrem durante a solução de problemas, por exemplo, codificação e resposta. A codificação (*encoding*) é o processo de colocar uma mensagem em forma de símbolos ou códigos. Um exemplo seria a escolha de uma determinada estratégia para resolver uma equação.

Os componentes de desempenho possibilitam a discriminação entre as idéias principais e os detalhes, que serão agrupados com os componentes de aquisição e de retenção, sendo que estes governarão o armazenamento e a lembrança (ou extração) das idéias principais (mais significativas) retidas na memória de longo prazo.

Os componentes de aquisição são os componentes que asseguram a retenção da informação na memória de longo prazo. Exemplo: disponibilizar o conceito de quin-

qüênio, isto é, saber que significa um período de cinco anos. Funcionaria como uma “ancoragem” da nova idéia a uma já pré-existente na estrutura cognitiva.

Os componentes de retenção referem-se aos componentes usados para acessar o conhecimento retido na memória declarativa (que contém o conhecimento declarativo) e/ou na memória de procedimento (onde estão armazenadas as informações sobre como proceder para chegar à solução). É por meio desses componentes que um esquema é ativado. O esquema refere-se a um conjunto ativo e organizado de experiências passadas que, quando ativado, opera de maneira unitária, conjunta e integrada (BARTLETT, 1995, original de 1922, p.206). Para Ausubel (1968) a teoria da assimilação possui elementos comuns com as idéias de Bartlett sobre a lembrança e o funcionamento cognitivo, possuindo outros dois aspectos que a diferenciam da teoria da assimilação.

Os componentes de transferência são os mecanismos que permitem a aplicação do conhecimento a várias tarefas relacionadas. A transferência é extremamente importante na solução de problemas, pois se trata de uma atividade de síntese do pensamento. A transferência ocorre quando frente a uma situação que se configura como um obstáculo, é iniciada a atividade de síntese do pensamento, por meio da qual os problemas ou elementos de um problema são comparados e incorporados como uma única atividade, traduzindo a solução para um esquema geral. Os procedimentos empregados, os conceitos e princípios utilizados e a solução encontrada são retidos, por um pe-

ríodo curto, na memória de curto prazo e, depois, incorporados na memória de longo prazo por um processo de subsunção.

De acordo com Ausubel a subsunção refere-se ao processo mediante o qual a nova informação se liga ou se ancoram aos elementos relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Em seguida se processa a retenção. Como se processa a retenção?

Os procedimentos empregados para atingir a solução e a resposta encontrada são retidos por um breve período de tempo na memória de curto prazo e posteriormente são incorporados, por um processo de subsunção, na memória de longo prazo.

Nível II ou componentes de alto nível

O nível II refere-se ao processo de execução dos procedimentos. É constituído por componentes de alto nível, que são os processos de ordem superior, que recebem também o nome de metacomponentes. Os metacomponentes são os processos executivos que, durante o pensamento, na solução de um problema, conduzem ou monitoram as funções de planejamento e tomada de decisão.

São funções dos metacomponentes:

a) Reconhecer o problema ou o objetivo da tarefa ou do pensamento; b) Selecionar as estratégias ou os componentes de baixo nível que serão utilizados (empregados); c) Decidir como seqüenciar os componentes (e/ou estratégias); d) Selecionar a forma de representação ou organização que a informação terá na memória; e) Decidir a quantidade de esforço que será disponibilizada para os componentes do processo, de ma-

neira a balancear (ou contrabalançar) a relação entre velocidade e precisão na execução desses processos (em termos de perda); f) Monitorar o progresso do pensamento. Esse sexto metacomponente é responsável em se manter a par (tomar conta, não perder de vista) da seqüência do que foi feito, o que está sendo feito e o que falta fazer para alcançar a realização completa da tarefa. O monitoramento pode levar (conduzir) a uma mudança nos objetivos ou nas estratégias. Esse sexto metacomponente é aquele que regula todos os outros metacomponentes, bem como os componentes de baixo nível.

Os metacomponentes são de fundamental importância, sendo que os componentes de aquisição, recuperação e transferência podem ser tratados como processos que podem ter uma forte influência no alcance (extensão) e profundidade da base do conhecimento. Os metacomponentes podem ser treinados e, com isto, produzir um incremento nas habilidades de pensamento, aumentando a competência na solução de problemas.

Todas estas etapas são bastante similares aos processos descritos por Ausubel e que são muito extensos para serem aqui tratados. A teoria de Ausubel é de fundamental importância por tratar do significado e enfatizar a importância deste no planejamento das aulas. Através dos escritos deste autor é possível verificar que sua contribuição para a Psicologia cognitiva foi fundamental. Muitos aspectos das teorias do processamento são detalhamentos do trabalho deste autor.

Conclusão

Independente da abordagem, a natureza sócio-histórica das atividades cognitivas necessita de uma discussão mais aprofundada. As atividades e as ferramentas intelectuais encontram-se cristalizadas no conjunto de objetos e fenômenos que compõem a cultura e o meio social onde as pessoas vivem. Nas interações com este meio e com o auxílio de agentes socializadores, as pessoas desenvolvem as atividades cognitivas.

Referências

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Educational Psychology. A cognitive view*. Second edition, New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- BARTLETT, F. C. *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: University Press, 1995. First printed in 1932.
- BRITO, M. R. F. *Um estudo comparativo entre a aprendizagem significativa e por tentativa e erro*. 1977. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.

BRITO, M. R. F.; NEUMANN GARCIA, V. J. A Psicologia Cognitiva e suas aplicações à Educação. In: BRITO, Márcia Regina F. (Org.). *Psicologia da Educação Matemática*. Teoria e Pesquisa. Florianópolis-SC: Insular, 2001. p.29-48.

BRITO, M. R. F. (Org.). *Psicologia da Educação Matemática*. Teoria e Pesquisa. Florianópolis-SC: Insular, 2001. p.49-67.

BRITO, M. R. F. *Solução de problemas na matemática escolar*, 2005. No prelo.

ERICSSON, K. A.; HASTIE, R. Contemporary approaches to the study of thinking and problem solving. In: *Thinking and problem solving*. edited by Robert J. Sternberg. Handbook of Perception and Instruction. Second Edition. San Diego: Academic Press, 1994. p.37-79.

KRUTETSKII, V. A. *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. Translated by Joan Teller, Chicago: The Chicago University Press, 1976.

MILLER, G. A.; GALANTER, E.; PRIBRAM, K. H. Plans and the structure of behavior; 1960. In: *Thinking and reasoning*. Edited by P. C. Wason and P. N. Johnson-Laird. Penguin Modern Psychology Readings. Great Britain: Penguin Books, 1970.

STERNBERG, R. J. e GRIGORENKO, E. L. *Dynamic Testing*. The nature and measurement of learning potential. New York: Cambridge University Press, 2002.

Recebido em 8 de fevereiro de 2006.

Aprovado para publicação em 10 de abril de 2006.