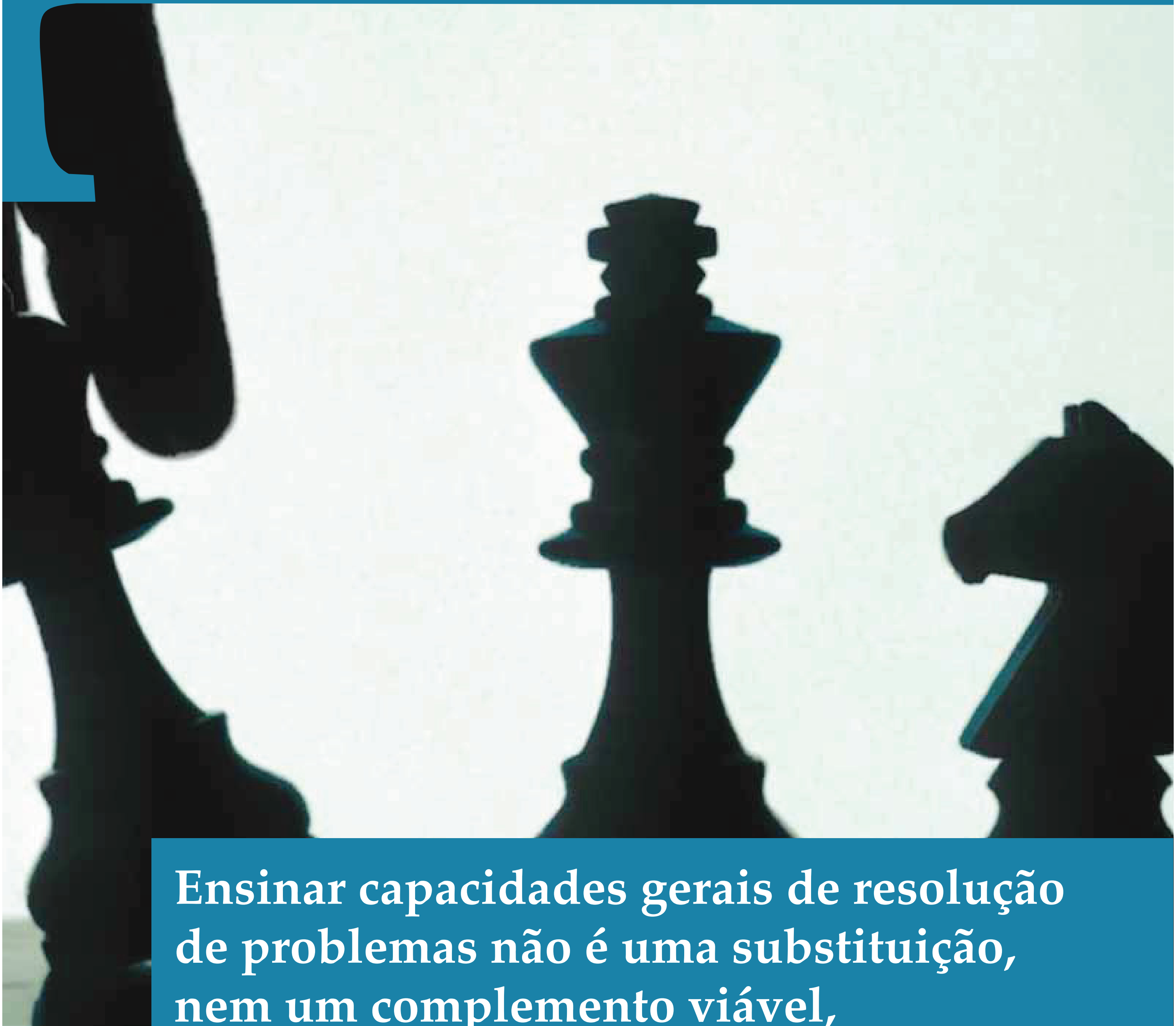

Ensinar capacidades gerais de resolução de problemas não é uma substituição, nem um complemento viável, a ensinar matemática[1]

John Sweller, Richard Clark e Paul Kirschner
j.sweller@unsw.edu.au, clark@usc.edu, paul.kirschner@ou.nl.

[1] Artigo originalmente publicado em *Notices of the American Mathematical Society*, que gentilmente permitiu a sua tradução e a sua publicação na *Gazeta de Matemática*: J. Sweller, R. Clark, P. Kirschner, "Teaching General Problem-Solving Skills Is Not a Substitute for, or a Viable Addition to, Teaching Mathematics", *Notices of American Mathematical Society*, vol. 57, Issue 10, 2010, 1303-1304. Tradução de ISEL-IPL.

Resolver problemas é central para a matemática. No entanto, a capacidade de resolver problemas não é o que parece.

Na verdade, o tema da resolução de problemas sofreu recentemente um aumento de interesse e reflexão em investigação, no entanto muitos dos resultados desta investigação são contra-intuitivos e contrários a muitos pontos de vista amplamente aceites. Por exemplo, muitos educadores assumem que estratégias gerais de resolução de problemas são não apenas possíveis de aprender e de ensinar, mas também um complemento essencial para o conhecimento matemático. A exposição mais conhecida desse ponto de vista foi fornecida por Pólya (1957). Ele discutiu uma série de estratégias gerais de resolução de problemas, tais como incentivar os alunos de Matemática a pensar num problema relacionado para depois resolver o problema dado, por analogia, ou a pensar num problema mais simples e, em seguida, extrapolar para o problema dado. Os exemplos que Pólya utilizou para demonstrar as suas estratégias de resolução de problemas são fascinantes, e a sua influência pode provavelmente ter sido originada, pelo menos em parte, por esses exemplos.

No entanto, em mais de meio século, não surgiu nenhum corpo sistemático de provas que demonstrem a eficácia das estratégias gerais de resolução de problemas. É possível ensinar os estudantes a usarem estratégias gerais, tais como as sugeridas por Pólya (Schoenfeld, 1985), mas isso é insuficiente. Não existe um corpo de investigação com base em experiências aleatórias, controladas, indicando que tal ensino leve a resolver melhor os problemas.

A recente "reforma" do currículo ignora a ausência de dados de suporte e entende de uma forma completamente errada o papel da resolução de problemas na cognição. Suponhamos, com vista a um absurdo, que não estamos realmente a ensinar matemática às pessoas, mas a ensinar alguma forma geral de resolução de problemas. Então, pode ser reduzida a importância do conteúdo matemático. De acordo com este argumento, podemos ensinar os alunos a resolver problemas em geral, e isto torna-os bons matemáticos aptos a descobrir novas soluções independentemente do conteúdo.

Acreditamos que este argumento ignora toda a evidência empírica sobre a aprendizagem da matemática. Apesar de certos matemáticos, na falta de instrução adequada, poderem ter aprendido a resolver problemas matemáticos descobrindo soluções sem orientação explícita, esta abordagem nunca foi a forma com melhor resultado ou mais eficiente para aprender matemática.

A via alternativa para adquirir competências de resolução de problemas em matemática deriva do trabalho de um psicólogo holandês, De Groot (1946-1965), investigando a origem da competência em xadrez. Pesquisando porque é que os mestres de xadrez derrotaram sempre os jogadores de fim-de-semana, De Groot conseguiu encontrar apenas uma diferença. Ele mostrou a mestres e jogadores de fim-de-semana uma configuração do tabuleiro de um jogo real, removeu-a após cinco segundos, e pediu-lhes para a reproduzir. Os mestres conseguiam fazê-lo com uma taxa de precisão de cerca de 70%, em comparação com 30% para os jogadores de fim-de-semana. Chase e Simon (1973) replicaram estes resultados e, adicionalmente, demonstraram que, quando a experiência foi repetida com configurações aleatórias em vez de configurações de jogo real, mestres e jogadores de fim-de-semana tinham igual precisão (± 30%). Os mestres foram superiores apenas para configurações retiradas de jogos reais.

O xadrez é um jogo de resolução de problemas, cujas regras podem ser aprendidas em cerca de trinta minutos. No entanto, são precisos pelo menos dez anos para alguém se tornar um mestre de xadrez. O que é que ocorre nesse período?

Ao estudar os jogos anteriores, os mestres de xadrez aprendem a reconhecer dezenas de milhares de configurações do tabuleiro e os melhores movimentos associados a cada configuração (Simon & Gilmartin, 1973). A superioridade dos mestres de xadrez não vem de terem adquirido inteligentes e sofisticadas estratégias gerais de resolução de problemas, mas sim de terem armazenado inúmeras configurações e os melhores movimentos associados a cada uma na memória de longo prazo.

Os resultados de De Groot têm sido replicados em vários campos educacionalmente relevantes, incluindo o da matemática (Sweller & Cooper, 1985). Eles dizem-nos que a memória de longo prazo, uma componente crucial da arquitectura cognitiva humana, não é usada para armazenar factos isolados, aleatórios, mas sim para armazenar enormes complexos de informações estreitamente integradas que resultam em competências de resolução de problemas. Essa competência é conhecimento de domínio específico, e não de domínio geral. Um experiente "resolvedor de problemas" em qualquer domínio construiu e armazenou um grande número de esquemas na memória de longo prazo, que permitem aos problemas nesse domínio ser categorizados de acordo com seus movimentos-solução. Em suma, a investigação sugere que podemos ensinar aspirantes a matemáticos a serem eficazes "resolvedores de problemas" fornecendo-lhes apenas um grande armazém de esquemas específicos do domínio. A competência de resolver problemas de matemática é adquirida através de um grande número de estratégias específicas da resolução de problemas de matemática que são relevantes para problemas particulares. Não existem estratégias gerais, independentes, de resolução de problemas que possam ser aprendidas.

Como é que se podem resolver problemas que não se tenham previamente encontrado? A maioria das pessoas emprega uma versão de análise dos "finais intermédios", em que são identificadas as diferenças entre um problema-formulado corrente e um objectivo-formulado e os operadores de resolução de problemas reduzem essas diferenças. Não há nenhuma evidência de que esta estratégia seja possível de ensinar ou de aprender porque a usamos automaticamente.

Mas as competências de resolução de problemas de matemática de domínio específico *podem* ser ensinadas. Como? Uma resposta simples é enfatizando exemplos trabalhados de estratégias de resolução de problemas. Há agora um grande corpo de evidências que mostra que estudar exemplos trabalhados é uma forma mais efectiva e eficiente de aprender a resolver os problemas do que simplesmente praticar a resolução de problemas, sem referência a exemplos trabalhados (Paas & van Gog, 2006). Intercalando o estudar exemplos trabalhados com praticar a resolver o tipo de problemas descrito no exemplo reduz a carga desnecessária da memória de trabalho que impede a transferência de conhecimento para a memória de longo prazo (Paas & van Gog). A melhoria no desempenho de resolução de problemas subsequentes, depois de estudar exemplos trabalhados em vez de resolver problemas, é conhecida como efeito exemplo-trabalhado (Paas & Van Gog).

Enquanto é notável a falta de evidência empírica apoiando o ensino de estratégias gerais de resolução de problemas em matemática, existe ampla evidência empírica da validade do efeito dos exemplos trabalhados. Um grande número de experiências aleatórias controladas demonstra esse efeito (por exemplo Schwonke et al 2009; Sweller & Cooper, 1985). Para os alunos novatos de matemática, é esmagadora a evidência de que estudar exemplos trabalhados em vez de resolver os problemas equivalentes facilita a aprendizagem. Estudar exemplos trabalhados é uma forma de instrução directa, explícita, que é vital em todas as áreas curriculares, especialmente em áreas que muitos alunos consideram difíceis e que são cruciais para as sociedades modernas. A matemática é uma dessas disciplinas. O mínimo de orientação no ensino da matemática conduz a uma aprendizagem mínima (Kirschner Sweller & Clark, 2006).

REFERÊNCIAS

[1] W. G. Chase, & H. A. Simon, "Perception in Chess", *Cognitive Psychology* 4 (1973), 55–81.

[2] A. De Groot, *Thought and Choice in Chess*, Mouton, The Hague, Netherlands, 1965. (Original work published 1946.)

[3] P. Kirschner, J. Sweller, & R. Clark, "Why Minimal Guidance During Instruction Does not Work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching ", *Educational Psychologist* 41 (2006), 75–86.

[4] F. Paas & T. van Gog, "Optimising Worked Example Instruction: Different ways to increase germane cognitive load", *Learning and Instruction* 16 (2006), 87–91.

[5] G. Pólya, *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*, Doubleday, Garden City, NY, 1957.

[6] A. Schoenfeld, *Mathematical Problem Solving*, Academic Press, New York, 1985.

[7] R. Schwonke, A. Renkl, C. Kreig, J. Wittwer, V. Aleven, & R. Salden, "The Worked Example Effect: Not an artifact of lousy control conditions", *Computers in Human Behavior* 25 (2009), 258–266.

[8] H. Simon. & K. Gilmartin, "A Simulation of Memory for Chess Positions", *Cognitive Psychology* 5 (1973), 29–46.

[9] J. Sweller & G. Cooper, "The Use of Worked Examples as a Substitute for Problem Solving in Learning Algebra", *Cognition and Instruction* 2 (1985), 59–89.

SOBRE OS AUTORES

John Sweller é professor de Educação na School of Education, University of New South Wales, Sydney, Austrália.

Richard E. Clark é professor de Psicologia Educacional no Clinical Research Professor of Surgery, e director do Center for Cognitive Technology na University of Southern California.

Paul Kirschner é professor de Psicologia Educacional no Centre for Learning Sciences and Technologies (CELSTEC) da Open University of the Netherlands em Heerlen, Holanda.