

Criatividade em Matemática: um olhar sob a Perspectiva de Sistemas

Cleyton Hércules Gontijo¹

Resumo: O presente artigo apresenta três modelos teóricos desenvolvidos recentemente no campo da criatividade: a Teoria do Investimento, o Modelo Componencial da Criatividade e a Perspectiva de Sistemas e toma este último para discutir a criatividade em Matemática, destacando que para a manifestação deste tipo de criatividade deverá haver a integração de três sistemas: indivíduo (bagagem genética e experiências pessoais), domínio (cultura e produção científica) e campo (sistema social).

Palavras-chave: criatividade; criatividade em Matemática; Perspectiva de Sistemas.

Creativity in Mathematics: one view from The Systems Perspective

Abstract: This paper presents three theoretical models that were recently developed in the field of creativity, the Theory of Investment, the Componencial Model of Creativity and the Systems Perspective. And, the Systems Perspective was chosen to discuss the creativity in Mathematics, highlighting that for the manifestation of this kind of creativity is necessary to have the interaction of three systems: individual (genetic luggage and personal experiences), domain (culture and scientific production), and field (social system).

Key words: Creativity; mathematical creativity; Systems Perspective.

Introdução

A importância de desenvolver atitudes e habilidades criativas no processo educacional, desde o início da educação básica até os níveis mais elevados da educação superior, é decorrente da necessidade de obter um aprimoramento individual e social continuado. Torre (2005) nos diz que a riqueza de um país não está apenas nos seus recursos naturais, mas também na capacidade inovadora e criativa das

¹ Professor do Centro de Ciências da Educação e Humanidades da Universidade Católica de Brasília – cleyton@ucb.br

gerações mais jovens. Dessa forma, cabe aos sistemas de ensino, especialmente à escola, a função de estimular o desenvolvimento da criatividade em sua dupla vertente de capacidade e de atitude, de modo que ela, a criatividade, se constitua em um dos objetivos de cada um dos componentes curriculares que estruturam o processo formal de escolarização. A ausência de um planejamento estratégico para propiciar o seu desenvolvimento poderá comprometer parte das finalidades que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei n. 9.394/96 (BRASIL, 1996) — estabelece para a educação brasileira, que são favorecer “o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (Art. 2º).

O desenvolvimento da criatividade, entendida como capacidade e como atitude para gerar idéias e comunicá-las, pode estar presente no ensino de Línguas, da Matemática, das Ciências Naturais, das Ciências Sociais, das Tecnologias, etc.

Em relação à Matemática, destaca-se que os Parâmetros Curriculares Nacionais para esta área do conhecimento (BRASIL, 1997, 1998, 1999) apresentam entre seus objetivos o desenvolvimento da criatividade. Todavia, esses parâmetros não indicam como esta se caracteriza e também não esclarecem como desenvolvê-la e avaliá-la. Essa ausência pode levar professores a não considerarem a importância de realizar atividades destinadas ao desenvolvimento da criatividade em Matemática.

Ressaltando a importância da promoção da criatividade em Matemática, Tobias (2004) apresenta alguns aspectos que justificam o estudo desse tipo de criatividade. Para a autora, o trabalho pedagógico que visa promover a criatividade em Matemática colabora para a superação da ansiedade envolvida em sua aprendizagem, além de quebrar barreiras que impedem o sucesso nesta área. Além disso, possibilita ao professor e aos alunos uma nova dinâmica no espaço/tempo de aprendizagem da Matemática, propiciando a ambos a experiência matemática da criação, da modelação, da explicação do objeto de estudo. Acrescenta ainda a autora que o desenvolvimento da criatividade em Matemática possibilita repensar esta área como carreira profissional, pois, na atualidade, tem atraído poucos jovens.

Este trabalho dedica-se a refletir sobre a criatividade em Matemática, tendo como suporte um modelo teórico desenvolvido por Csikszentmihalyi, denominado Perspectiva de Sistemas, que pode ser

utilizado para compreender a criatividade em todas as áreas do conhecimento e da produção artística, industrial e tecnológica. Além deste modelo, faremos uma breve apresentação de outras abordagens para o estudo da criatividade. Apresentaremos também uma conceituação para criatividade em Matemática e, em seguida, abordá-la-emos sob a Perspectiva de Sistemas.

Criatividade

Algumas contribuições teóricas para o estudo da criatividade foram propostas recentemente, entre elas destacam-se a Teoria do Investimento (STERNBERG; LUBART, 1999), o Modelo Componencial da Criatividade (AMABILE, 1989) e a Perspectiva de Sistemas (CSIKSZENTMIHALYI, 1988, 1999).

A teoria da criatividade como investimento (STERNBERG; LUBART, 1999) afirma que os pensadores criativos são como investidores: eles compram barato e vendem caro. Enquanto os vendedores fazem isso no mundo das finanças, as pessoas criativas fazem isso no mundo das idéias. Para Sternberg e Lubart, a criatividade é estimulada por comprar barato e vender caro no mundo das idéias – por desafiar as massas. Consideram que a criatividade é tanto uma decisão pessoal e uma atitude em relação à vida como uma questão de capacidade. Para o seu desenvolvimento, postulam que a criatividade requer a confluência de seis distintas fontes, inter-relacionadas: habilidades intelectuais, conhecimento, estilos de pensamento, personalidade, motivação e ambiente.

As habilidades intelectuais referem-se à capacidade de analisar problemas sob ângulos diferentes daquele em que eles se apresentaram, fugindo de formas convencionais; à capacidade de reconhecer quando uma idéia é boa ou ruim; e à capacidade de convencer os outros sobre o valor de suas idéias. O conhecimento diz respeito ao domínio que a pessoa deve ter de uma determinada área para introduzir mudanças. Os estilos de pensamento são importantes, pois referem-se às preferências para pensar sob novos caminhos que guiarão as próprias escolhas. Certos atributos de personalidade são considerados essenciais para a produção criativa; entre eles destacamos: autoconceito positivo e abertura para problemas, ausência de medos para correr riscos e tolerância a ambigüidades. A motivação intrínseca também é considerada essencial para a criatividade, pois as pessoas só produzirão bem se

realmente gostarem do que fazem. O ambiente é necessário para receber e gratificar as idéias criativas e, sem um ambiente de suporte, a criatividade possivelmente não despertará.

O Modelo Componencial da Criatividade, elaborado por Amabile (1989), descreve o desenvolvimento da criatividade por meio da interação entre três componentes. O primeiro é a habilidade de domínio — que pode referir-se às áreas artísticas, tecnológicas ou acadêmico-científicas —, isto é, a posse de conhecimentos em uma determinada área, em relação tanto aos fundamentos teóricos quanto aos de natureza prática. O segundo componente refere-se aos processos criativos relevantes, que englobam estratégias, hábitos, modelos e habilidades típicas do pensamento criativo. Isto inclui a observação de situações a partir de diferentes pontos de vista, uso de metáforas, exploração e elaboração de problemas. Quanto ao trabalho com habilidades, este visa o desenvolvimento da concentração, a clareza, a organização, a tolerância a ambigüidades. O último componente é a motivação intrínseca, isto é, a motivação que vem do interior da pessoa e não a partir de forças externas. Para a autora, as pessoas são muito mais criativas quando estão motivadas, primeiramente, pelo interesse, pelo envolvimento, pelo desafio e pela satisfação pelo trabalho por elas mesmas — e não por pressões externas. Nesta área são identificados três elementos distintos: o interesse, a competência e a determinação.

Ressalta-se que os modelos propostos por Sternberg e Amabile guardam entre si alguns elementos comuns e também se relacionam com aspectos tratados por Csikszentmihalyi. O que aproxima os três modelos é o reconhecimento de que o ambiente interfere na produção criativa, destacando que fatores internos e externos — ambientais e sociais — ao indivíduo devem ser considerados no estudo da criatividade (ALENCAR; FLEITH, 2003).

Segundo a Perspectiva de Sistemas, “toda pessoa é potencialmente criativa” (NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2003, p. 189). Então, por que existem pessoas que apresentam um maior volume de idéias ou de produtos criativos, se comparadas a outras? Para responder a esta questão, Nakamura e Csikszentmihalyi (2003) afirmam que a criatividade depende mais do contexto social e cultural do que das características do indivíduo, embora considerem que diferenças genéticas possam estar envolvidas, mas que não são determinantes. Assim, os estímulos que as pessoas recebem podem

produzir diferenças em suas produções criativas, levando umas a terem uma grande produção, enquanto outras, não.

A proposta de Csikszentmihalyi (1988, 1990) considera criatividade como resultante da interação de três sistemas: indivíduo (bagagem genética e experiências pessoais), domínio (cultura e produção científica) e campo (sistema social). Dessa forma, enfatiza que a compreensão do processo criativo transcende às características individuais de cada pessoa, sendo necessária, também, a investigação desses dois outros sistemas, de modo que os três juntos propiciarão a produção criativa. A “criatividade somente poderá ser compreendida se adotada uma perspectiva que integre as experiências individuais com as forças sociais, incluindo o contexto simbólico gerado nas oportunidades culturais” (NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2003, p.188).

Neste modelo, o sistema domínio é tratado como um corpo de saberes formalmente organizado que está relacionado a uma determinada área do conhecimento. Sua função é a preservação dos conhecimentos selecionados por um conjunto de especialistas (campo) para a transmissão às novas gerações.

O sistema campo é composto por todas as pessoas que podem afetar a estrutura do domínio. Se primeira função é a preservação do domínio como ele é, a segunda função é selecionar criteriosamente novas abordagens que serão incorporadas ao domínio. Em cada área do conhecimento ou da produção (artística, cultural, industrial etc.) existirá um grupo de especialistas que, em função de suas experiências e de seus conhecimentos, será considerado para a análise e para o julgamento dos elementos que poderão ser incorporados ao domínio.

O indivíduo é considerado a partir de três aspectos: o seu processo cognitivo, a sua personalidade e os seus valores e motivações.

Em relação ao modelo proposto, que envolve o indivíduo, o campo e o domínio, a pessoa tem como função promover variações no domínio, pois toma informações provenientes da cultura e as transforma. Quando essas mudanças são valorizadas pela sociedade, são incluídas no domínio, constituindo-se, assim, em novos pontos de partida para as próximas gerações. Dessa forma, para que a criatividade ocorra, um conjunto de regras e de práticas deve ser

transmitido do domínio para o indivíduo. O indivíduo deve produzir mudanças no domínio. Porém, as variações precisam ser selecionadas pelo campo para sua inclusão no domínio.

A interação entre estes três sistemas - pessoa, campo e domínio - deve ser estudada de forma articulada, relacionando-os entre si, observando como interagem e como produzem mudanças em suas estruturas, assim como devem ser estudados separadamente, a fim de aprofundar os conhecimentos em cada um desses sistemas, uma vez que cada um deles afeta e é afetado pelos outros. Eles representam três momentos de um mesmo processo criativo e as ações de todos eles são necessárias para que a criatividade se manifeste (CSIKSZENTMIHALYI, 1988).

Criatividade em Matemática

Na literatura internacional encontramos publicações que tratam do desenvolvimento e da avaliação da criatividade em Matemática (ENGLISH, 1997a; 1997b; HASHIMOTO, 1997; HAYLOCK, 1985, 1986, 1987, 1997; LIVNE, LIVNE & MILGRAM, 1999; LIVNE & MILGRAN, 2000, 2006; MUIR, 1988; SHEFFIELD, 2003; SILVER, 1997; SILVER & CAI, 1996; SRIRAMAN, 2004). Esses estudos, além de descrever o processo criativo em Matemática, têm privilegiado a resolução de problemas (*problem solving*), a formulação de problemas (*problem posing*) e a redefinição (*redefinition*) como estratégias didático-metodológicas que possibilitam o desenvolvimento da criatividade matemática e, ao mesmo tempo, permitem avaliar essa criatividade.

No Brasil, infelizmente, encontramos poucos trabalhos que buscaram investigar a criatividade em Matemática. Nesta área, destacam-se aqueles realizados por Dante (1980, 1988), relacionados à criatividade e à resolução de problemas em Matemática; todavia, não apresentam dados referentes a estudos empíricos realizados pelo autor. D'Ambrósio (2004) também apresenta um modelo para explicar a criatividade em Matemática, mas, da mesma forma, não traz dados referentes a estudos de natureza empírica. Cabe ressaltar que vários estudos têm sido conduzidos tendo a resolução de problemas matemáticos como objeto de investigação (BRITO, 2006; LOPES e BRENELLI, 2001; ONUCHIC, 1999; ONUCHIC & ALLEVATO, 2004; TAXA & FINI, 2001; TAXA-AMARO, 2006).

Apesar de muitos estudos na área, ainda é um desafio a constituição de um consenso sobre o que seja criatividade em Matemática. Gontijo (2006), tomando aspectos apresentados por Krutetskii e por Aiken (apud HAYLOCK, 1987) e também por Makiewicz (2004), referentes à criatividade em Matemática e a aspectos relacionados ao pensamento criativo presentes na literatura desta área, definiu criatividade em Matemática como

a capacidade de apresentar inúmeras possibilidades de soluções apropriadas para uma situação-problema, de modo que estas focalizem aspectos distintos do problema e/ou formas diferenciadas de solucioná-lo, especialmente formas incomuns (originalidade), tanto em situações que requeiram a resolução e elaboração de problemas como em situações que solicitem a classificação ou organização de objetos e/ou

elementos matemáticos em função de suas propriedades e atributos, seja textualmente, numericamente, graficamente ou na forma de uma seqüência de ações (GONTIJO, 2006a).

Destaca-se que a resolução de problemas não se aplica exclusivamente a atividades destinadas ao desenvolvimento da criatividade, mas constitui-se também em um fundamento para o desenvolvimento de outras habilidades. Nesse sentido, Livne e Milgram (2006), ao tratar das habilidades matemáticas, distinguem-nas em dois tipos: habilidades acadêmicas e habilidades criativas. O primeiro tipo refere-se a um tipo de inteligência geral aplicada à Matemática e reflete pensamento lógico, demonstrado por habilidades de cálculo, domínio de conceitos e princípios matemáticos e capacidade de apresentar argumentos plausíveis por meio do raciocínio matemático. Esse tipo de habilidade é avaliado por meio de situações que possuam um único caminho para chegar à solução. Como exemplo, as autoras destacam a seguinte situação: “Quantos números distintos de três dígitos podem ser formados a partir de três números escolhidos arbitrariamente entre 1 e 9, por exemplo, 2, 5 e 9? Estes valores podem se repetir dentro dos números” (LIVNE; MILGRAM, 2006, p.202).

As habilidades criativas caracterizam-se pela percepção de padrões e de relações, usando pensamento complexo e não algorítmico, e pela capacidade de apresentar pensamento original, usando símbolos matemáticos que resultam em mais de uma estratégia de resolução ou em mais do que uma resposta correta. Para avaliar as habilidades criativas em Matemática, as autoras apresentaram o seguinte exemplo:

Tente encontrar o número 4, utilizando precisamente 4 vezes o dígito 4. Tente elaborar muitas soluções incluindo as seguintes operações matemáticas: adição, subtração, multiplicação, divisão, raiz quadrada, fatorial e demais operações que você conhecer. Em cada solução apresentada, não é necessário que se use todas essas operações. (op. cit., p. 2002).

Em um estudo conduzido por Gontijo (2006b) com estudantes de ensino médio foram encontradas 59 soluções diferentes para este problema.

Ainda tratando do pensamento criativo, destacamos que este se caracteriza pela abundância ou quantidade de idéias diferentes

produzidas sobre um mesmo assunto (fluência), pela capacidade de alterar o pensamento ou de conceber diferentes categorias de respostas (flexibilidade), pela apresentação de respostas infreqüentes ou incomuns (originalidade) e pela grande quantidade de detalhes em uma idéia (elaboração). Assim, para estimular o desenvolvimento da criatividade, deve-se criar um clima que permita aos alunos apresentar fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração em seus trabalhos (ALENCAR, 1990).

Além dessas características, outras variáveis tornam-se presentes no processo criativo, entre elas, várias operações mentais, como o pensamento abstrato, o raciocínio indutivo e dedutivo, o pensamento analógico, o metafórico, o intuitivo. Elementos de ordem emocional também permeiam todo o processo (ALENCAR, 2000).

A criatividade em Matemática sob a Perspectiva de Sistemas

Considerando os aspectos apresentados relativos à Perspectiva de Sistemas, discutiremos como pensar a criatividade em Matemática a partir deste modelo.

Domínio

A Matemática foi criada e desenvolvida pelo homem em função de necessidades sociais. Dessa forma, constitui um dos domínios, isto é, áreas do conhecimento necessárias para solucionar problemas encontrados pelo homem. Não se pode precisar exatamente o seu surgimento, uma vez que desde o período paleolítico inferior (35.000 a.C.) o homem já fazia uma “Matemática” a partir de esquemas mentais que lhe possibilitavam alterar tamanhos, aumentar ou diminuir quantidades e dar formas a paus e pedras, dando-lhes utilidades. Além disso, podia fazer alguma classificação e seriar atividades (NETO 1997).

Asimov (1996) destaca que, ao longo da história da humanidade, a Matemática teve um crescimento extraordinário, não havendo correção significativa em sua produção, apenas extensão. Destaca ele que:

Uma vez que os gregos desenvolveram o método dedutivo, o que fizeram estava correto, correto para todo o sempre. Euclides foi incompleto e sua obra foi enormemente estendida, mas não teve que ser corrigida. Seus teoremas,

todos eles, são válidos até hoje. Ptolomeu pode ter uma representação errônea do sistema planetário, mas o sistema de trigonometria que ele criou para ajudá-lo em seus cálculos permanece correto para sempre. Cada grande matemático acrescenta algo ao que veio antes, mas nada tem que ser removido (ASIMOV, apud BOYER, 1996, p. vi).

O pensamento de Asimov ajuda-nos a compreender como o domínio vem sendo constituído na Matemática. Ressalta-se que a incorporação dos conhecimentos a este domínio não se deu de forma tranqüila, de modo que alguns aspectos demoraram muitos anos até que tivessem o seu valor reconhecido pelos matemáticos e pudessem passar a ser considerados válidos e dignos de serem transmitidos às novas gerações.

No estágio atual de desenvolvimento da humanidade, a possibilidade de um indivíduo criar um novo fato matemático é pequena, a não ser que ele esteja envolvido em pesquisas de natureza científica e acadêmica e possua um grande repertório matemático. Todavia, é possível criar novas formas de abordar os conhecimentos já validados pela comunidade científica; por exemplo, elaborar novos algoritmos para realizar as operações matemáticas básicas. Uma vez reconhecida a sua validade, esses novos algoritmos podem ser difundidos e utilizados por todos os indivíduos.

Assim, esse domínio, na estrutura curricular, apresenta-se como um importante recurso que pode contribuir significativamente para o crescimento pessoal e científico, favorecendo ao indivíduo o desenvolvimento de competências e habilidades que instrumentalizem e estruturem o pensamento, capacitando-o para compreender e interpretar situações; para apropriar-se de linguagens específicas; para argumentar, analisar e avaliar; para tirar conclusões próprias e tomar decisões; e para fazer generalizações. Ao mesmo tempo, provê o indivíduo de técnicas e estratégias para serem aplicadas nas diversas ciências, inclusive na própria Matemática, contribuindo para o avanço do conhecimento e para a compreensão e a solução dos problemas encontrados no cotidiano. É fundamental que os estudantes possam experimentar esse domínio, ter a experiência de construção do conhecimento matemático, e não apenas reproduzir o que foi acumulado historicamente pela humanidade.

Campo

O campo é composto por todas as pessoas que podem afetar a estrutura do domínio. No caso brasileiro, encontramos especialmente a Sociedade Brasileira de Matemática - SBM - e a Sociedade Brasileira de Educação Matemática - SBEM- , que atuam sistematicamente na discussão e na análise das produções matemáticas, no que se refere à produção de conhecimentos teóricos tanto de natureza intrinsecamente matemática quanto relativos aos processos de ensino e aprendizagem nesta área, selecionando criteriosamente as novas abordagens que serão incorporadas ao domínio. Esse papel também compete às universidades, que julgam a produção dos seus membros e daqueles que desenvolvem seus estudos nesses espaços.

Pensando na Matemática escolar, voltamos o olhar para o professor que atua no Ensino Fundamental e Médio. Frente às crianças e adolescentes, eles representam os especialistas que organizarão as atividades que lhes possibilitarão a experiência matemática e a avaliação de suas produções. Assim, representações e crenças que os professores possuem em relação à Matemática — além, é claro, do domínio teórico que devem possuir e que lhes dará a possibilidade de ensinar e julgar adequadamente — poderão permitir uma atuação que favoreça o desenvolvimento da criatividade em Matemática.

Alves (1999) enfatiza que muitos professores usam em suas aulas uma grande quantidade de exercícios repetitivos, apresentando as atividades e os conteúdos por meio de aulas expositivas e, quando trabalham com problemas, usam apenas situações que não favorecem o desenvolvimento de estratégias pessoais de resolução, pois remetem a procedimentos já conhecidos que podem ser utilizados por meio da memorização. Além disso, não buscam desafios e nem problemas inéditos.

Cabe aos professores identificar os talentos criativos de seus alunos, levando-os a desenvolvê-los de forma adequada, possibilitando que se dirijam para aquelas atividades com as quais apresentam mais afinidade (SCOMPARIM, 2004). Assim, os professores devem desenvolver competências para propiciar um ambiente adequado para o aprendizado da Matemática. Para o desenvolvimento dessas competências, destacamos o papel que a formação inicial e a formação continuada desses profissionais exercem em sua conduta em sala de aula. É fundamental que esses profissionais tenham uma visão do que vem a ser Matemática; do que

constitui a atividade matemática; do que constitui a aprendizagem da Matemática; e do que constitui um ambiente propício à aprendizagem da Matemática (D'AMBRÓSIO, 1993), pois, “um matemático potencialmente criativo não poderá contribuir com algo novo se a sociedade na qual ele vive não lhe prover o acesso aos conhecimentos passados ou não oportunizar que faça um trabalho sobre o estado da arte nesta área” (NAKAMURA; CSIKSZENTMIHALYI, 2003, p. 169).

Pessoa

Três aspectos da pessoa criativa: o seu processo cognitivo, a sua personalidade e os seus valores e motivações serão considerados. Os processos cognitivos dizem respeito aos processos psicológicos envolvidos no conhecer, no compreender, no perceber, no aprender, etc. Esses processos “fazem referência à forma como o indivíduo lida com os estímulos do mundo externo: como o sujeito vê e percebe, como registra as informações e como acrescenta as novas informações aos dados previamente registrados” (ALENCAR; FLEITH, 2003, p. 26).

As características de personalidade criativa referem-se à curiosidade, à independência, ao autoconceito positivo, à atração por problemas complexos, à ausência de medo para correr riscos, entre outros aspectos. A motivação pode ser descrita pelo interesse, pelo prazer e pela satisfação com a realização de uma tarefa. Pode também ser percebida quando o indivíduo busca informações em sua área de interesse, desenvolvendo assim suas habilidades de domínio. Outra característica decorrente da motivação é a capacidade de o indivíduo arriscar-se e de romper com estilos de produção de idéias habitualmente empregados (AMABILE, 2001).

Carlton (1959), mesmo sem ter conhecimento dos aspectos propostos por Csikszentmihalyi e por outros pesquisadores quanto à pessoa criativa, indicou 21 características potenciais do pensador criativo em Matemática, fazendo referências ao seu processo cognitivo, à sua personalidade e aos seus valores e motivações. Estas características são:

(a) Sensibilidade estética, expressa na apreciação da harmonia, da unidade e de analogias presentes em soluções matemáticas, em demonstrações e também na apreciação da estrutura da Matemática.

(b) Elaboração ou percepção de problemas em dados ou em situações que não despertam nenhuma curiosidade particular nas outras crianças.

(c) Desejo para melhorar uma demonstração ou a estrutura de uma solução.

(d) Busca de conseqüências ou de conexões em um problema, em uma proposição ou em um conceito e o que pode ser feito a partir disto.

(e) Desejo por trabalhar, independentemente do professor e dos outros alunos.

(f) Prazer de comunicar aspectos matemáticos a outras pessoas que têm igual habilidade e interesse.

(g) Desejo de especular ou de adivinhar o que aconteceria se fosse mudada uma ou mais hipóteses de um problema.

(h) Prazer em acrescentar algo ao conhecimento produzido pela turma, por meio da produção de outra solução ou da elaboração de uma forma de realizar uma demonstração a partir de algo já desenvolvido pela turma.

(i) Prazer em trabalhar com os símbolos matemáticos.

(j) Produção ou elaboração de sugestões para dar outros significados para símbolos matemáticos apresentados pelo professor.

(k) Produção de símbolos matemáticos por sua própria conta.

(l) Tendência para generalizar resultados particulares, tanto encontrando uma linha comum de indução como percebendo padrões semelhantes por analogia.

(m) Habilidade para compreender uma solução inteira de uma vez ou para visualizar uma demonstração como um todo.

(n) Intuição para perceber os resultados a partir das proposições.

(o) Imaginação vívida relativa ao modo como as coisas aparecem no espaço e às relações estabelecidas entre elas.

(p) Imaginação vívida relativa aos caminhos resultantes ou às relações existentes entre os objetos em consideração.

(q) Tendência para especular aplicações incomuns para os resultados obtidos pela turma.

(r) Convicção de que todo problema tem uma solução.

(s) Persistência em trabalhar com problemas particularmente difíceis ou com demonstrações.

(t) Tédio com a repetição ou com o trabalho com um grande número de problemas de que já se tem domínio.

(u) Habilidade para realizar várias operações sem despendar muito tempo.

Considerações finais

Os três sistemas propostos por Csikszentmihalyi para estudar a criatividade: indivíduo (bagagem genética e experiências pessoais), domínio (cultura e produção científica) e campo (sistema social), como vimos, também podem ser utilizados para compreender a criatividade em Matemática. Destacamos que, para estimular essa criatividade, os professores devem estar atentos às experiências que os estudantes já vivenciaram, buscando identificar fatores que provocaram estímulos positivos e negativos em relação à Matemática e como estes fatores agem na construção de uma representação positiva da mesma. Devem investigar o currículo a fim de examinar a sua estruturação, verificando se esta faz um apelo à criatividade e se sua forma de organização privilegia os processos criativos ou os de memorização. Devem, ainda, examinar suas concepções sobre a Matemática e seu ensino, a fim de que possam compreendê-la em sua dinamicidade, cuja essência é a resolução de problemas.

Essa forma de abordar a Matemática poderá possibilitar aos estudantes o desenvolvimento de atitudes mais positivas em relação a esta disciplina, modificando as representações negativas que a ela se relacionam, especialmente aquelas que a tratam como difícil, impossível de aprender, “bicho papão” ou, ainda, que a consideram destinada apenas para “gênios” (MARTINS, 1999; SANTOS; DINIZ, 2004; SILVEIRA, 2002).

Para favorecer o desenvolvimento de atitudes positivas e a expressão da criatividade, Alencar e Fleith (2003) sugerem que o professor adote algumas posturas em sala de aula, entre elas, dar tempo ao aluno para pensar e para desenvolver suas idéias; valorizar

produtos e idéias criativas; considerar o erro uma etapa do processo de aprendizagem; estimular o aluno a imaginar outros pontos de vista. As autoras sugerem ainda que se deve

dar ao aluno oportunidades de escolha, levando em consideração seus interesses e suas habilidades, prover oportunidades para que os alunos se conscientizem de seu potencial criativo, favorecendo, dessa forma, o desenvolvimento de um autoconceito positivo, cultivar o senso de humor em sala de aula, ter expectativas positivas com relação ao desempenho dos alunos, criar um clima em sala de aula em que a experiência de aprendizagem seja prazerosa e não se deixar vencer pelas limitações do contexto em que se encontra (ALENCAR; FLEITH, 2003, p. 141-142).

Referências Bibliográficas

ALENCAR, E. M. L. S.; FLEITH, D. S. *Criatividade: múltiplas perspectivas*. 2. ed. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2003.

ALENCAR, E. M. L. S. *Como desenvolver o potencial criador: uma guia para a liberação da criatividade em sala de aula*. Petrópolis: Vozes, 1990.

_____. *O processo de criatividade*. São Paulo: MAKRON Books, 2000.

ALVES, E. V. *Um estudo exploratório dos componentes da habilidade matemática requeridos na solução de problemas aritméticos por estudantes do ensino médio*. 1999. Dissertação (Mestrado em Educação: Educação Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

AMABILE, T. Beyond talent: John Irving and the passionate craft of creativity. *American Psychologist*, Washington, DC, v. 56, p. 333-336, abril, 2001.

AMABILE, T. A. *Growing up creative*. Buffalo, NY: The Creative Education Foundation Press, 1989.

ASIMOV, I. Prefácio. In: Boyer, C. B. *História da Matemática*. São Paulo: Edgard Blücher, 1996. p. vi.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*, Lei n. 9.394 de 20 de dezembro de 1996.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: Matemática* (5^a a 8^a séries). Brasília: MEC/SEF, 1998. 148p.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEMT, 1999. 114p.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: matemática* (1^a a 4^a séries). Brasília: MEC/SEF, 1997. 142p.

BRITO, M. R. F. Alguns aspectos teóricos e conceituais da solução de problemas matemáticos. In: BRITO, M. R. F. (Org.). *Solução de problemas e a Matemática escolar*. Campinas: Alínea, 2006. p. 13-53.

CARLTON, L. V. *An analysis of the educational concepts of fourteen outstanding mathematicians, 1790-1940, in the areas of mental growth and development, creative thinking and symbolism and meaning*. Unpublished doctoral dissertation - Northwestern University, IL, 1959.

CSIKSZENTMIHALYI, M. Society, culture, and person: A systems view of creativity. In: STERNBERG, R. J. (Org.). *The nature of creativity*. New York: Cambridge University Press, 1988. p. 325-339.

_____. Implications of a systems perspective for the study of creativity. In: STERNBERG, R. J. (Org.). *Handbook of creativity*. New York: Cambridge University Press, 1999. p. 313-335.

D'AMBRÓSIO, B. S. Formação de professores de matemática para o século XXI: o grande desafio. *Pro-Posições*, Campinas, v. 4, n. 1 [10], p. 35-41, março, 1993.

D'AMBRÓSIO, U. *Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

D'AMBRÓSIO, U. Um enfoque transdisciplinar à educação e à história da matemática. In: BICUDO, M. A. V.; BÓRBA, M. C. (Orgs.). *Educação Matemática: pesquisa em movimento*. São Paulo: Cortez, 2004. p. 13-29.

DANTE, L. R. *Criatividade e resolução de problemas na prática educativa matemática*. 1988. 192f. Tese (Livre Docência em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

DANTE, L. R. *Incentivando a criatividade através da educação matemática*. 1980. 247f. Tese (Doutorado em Psicologia Educacional – Ensino de Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

ENGLISH, L. D. The development of fifth-grade children's problem-posing abilities. *Education Studies in Mathematics*, Netherlands, v. 34, p. 183-217, junho, 1997a.

_____. Development of seventh-grade student's problem-posing. Paper presented at the ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION, Finland, july, 1997b.

GONTIJO, C. H. Resolução e formulação de problemas: caminhos para o desenvolvimento da criatividade em Matemática. In: *Anais do SIPEMAT*. Recife, Programa de Pós-Graduação em Educação-Centro de Educação – Universidade Federal de Pernambuco, 2006a. 11p.

_____. *Construção e validação de teste para avaliar habilidades criativas em Matemática*. Universidade de Brasília, 2006b. Manuscrito não publicado.

HAYLOCK, D. W. A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. *Educational Studies in Mathematics*, Netherlands, v. 18, p. 59-74, janeiro, 1987.

_____. Conflicts in the assessment and encouragement of mathematical creativity in schoolchildren. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, Leicestershire, v. 16, p. 547-553, setembro, 1985.

_____. Mathematical creativity in schoolchildren. *The Journal of Creative Behavior*, Hadley-MA, v. 21, p. 48-59, janeiro, 1986.

_____. Recognizing mathematical creativity in schoolchildren. *International Reviews on Mathematical Education*, v. 29, n. 3, p. 68-74, junho, 1997.

LIVNE, N. L.; LIVNE, O. E.; MILGRAM, R. M. Assessing academic and creative abilities in mathematics at four levels of understanding. *International Journal of Mathematical Education in Science & Technology*, Leicestershire, v. 30, p. 227-243, março, 1999.

LIVNE, N. L.; MILGRAM, R. M. Assessing four levels of creative mathematical ability in Israeli adolescents utilizing out-of-school

activities: a circular three-stage technique. *Roeper Review*, Michigan, v. 22, p. 111-116, março, 2000.

_____. Academic versus creative abilities in mathematics: two components of the same construct? *Creativity Research Journal*, New Jersey, v. 18, n. 2, p. 199-212, 2006.

LOPES, S. V. A.; BRENELLI, R. P. A importância da abstração reflexiva na resolução de problemas de subtração. In: BRITO, M. R. F. (Org.). *Psicologia da Educação Matemática*. Florianópolis: Insular, 2001. p. 147-166.

LUPINACCI, V. L. M.; BOTIN, M. L. M. *Resolução de problemas no ensino da matemática*. Anais do VIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática e Universidade Federal de Pernambuco, 2004. 5p.

MAKIEWICZ, M. The role of photography in developing mathematical creativity in students at elementary and practical levels. Paper presented at THE 10TH INTERNATIONAL CONGRESS ON MATHEMATICAL EDUCATION. Copenhagen, july. Disponível em <http://www.icme_organisers.dk/tsg15/Makiewicz.pdf>. Acesso em 15 de setembro de 2005.

MARTINS, U. P. *Matemática: que bicho papão é esse?* 1999. 203f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

NAKAMURA, J. & CSIKSZENTMIHALYI, M. Creativity in later life. In: SAWYER, R. K. (Org.), *Creativity and development*. New York: Oxford University Press, 2003. p. 186-216.

NETO, E. R. *Didática da Matemática*. 9. ed. São Paulo: Ática, 1997.

ONUCHIC, L. da la R. Ensino-aprendizagem de Matemática através da resolução de problemas. In: BICUDO, M. A. V. (Org.). *Pesquisa em Educação Matemática: concepções e perspectivas*. São Paulo: UNESP, 1999. p. 199-218.

ONUCHIC, L. de la R. & ALLEVATO, N. S. G. Novas reflexões sobre o ensino-aprendizagem de matemática através da resolução de problemas. In: BICUDO, M. A. V. & Borba, M. C. (Orgs.). *Educação Matemática: pesquisa em movimento*. São Paulo: Cortez, 2004. p. 213-231.

SANTOS, N. A. P. & DINIZ, M. I. S. V. As concepções dos alunos ao final da escola básica podem explicar porque eles não querem

aprender. Anais do VIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. Recife: SBEM/UFPe, 2004.

SCOMPARIM, V. A construção de conceitos e as habilidades matemáticas: Solucionando problemas. Anais do I ENCONTRO DE ESCOLAS DA REDE COMPANHIA DA ESCOLA em 2004. Disponível em <<http://www.ciadaescola.com.br/eventos/encontro2004/arquivos/oficina%20de%20Matem%C3%A1tica%201a%20a%204a1.pdf>>. Acesso em 03/02/2006.

SILVEIRA, M. R. A. Matemática é difícil. Anais da 25ª REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO. Caxambu, 2002. Disponível em <<http://www.anped.org.br/25/marisarosaniabreusilveirat19.rtf>>. Acesso em 02/01/2005.

SILVER, E. A. & CAI, J. An analysis of arithmetic problem posing by middle school students. *Journal for Research in Mathematics Education*, Reston, VA, v. 27, p. 521-539, novembro, 1996.

SILVER, E. A. *Teaching and learning mathematical problem solving: multiple research perspectives*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1985.

_____. On mathematical problem posing. *For the Learning of Mathematics*, v. 14, p. 19-28, fevereiro, 1994.

SILVER, E. A., Mamona-Downs, J., Leung, S. S. & Kenney, P. A. (1996). Posing mathematical problems: an exploratory study. *Journal for Research in Mathematics Education*, Reston, VA, v. 27, p. 293-309, julho, 1996.

STERNBERG, R. J. & LUBART, T. I. The concept of creativity: prospects and paradigms. In: Sternberg, R. J. (Org.). *Handbook of creativity*. New York: Cambridge University Press, 1999. p. 3-15.

TAXA-AMARO, F. O. S. Soluções de problemas com operações combinatórias. In: BRITO, M. R. F. (Org.), *Solução de problemas e a Matemática Escolar*. Campinas: Alínea, 2006. p. 163-183.

TOBIAS, S. *Fostering creativity in the Science and Mathematics classroom*. Conference at National Science Foundation. Malaysia, 2004. Disponível em <<http://www.Wpi.edu/News/Events/SENM/tobias.ppt>>. Acesso em 10 de setembro de 2005.

TORRE, S. de la. *Dialogando com a criatividade*. Tradução de Cristina Mendes Rodríguez. São Paulo: Madras, 2005.

