

EDITORA



UnB

Criatividade em matemática

conceitos, metodologias e avaliação

Cleyton Hércules Gontijo
Alexandre Tolentino de Carvalho
Mateus Gianni Fonseca
Mateus Pinheiro de Farias



Pesquisa,
Inovação
& Ousadia

Criatividade em matemática



Universidade de Brasília

Reitora
Vice-Reitor

Márcia Abrahão Moura
Enrique Huelva

EDITORA



UnB

Diretora

Germana Henriques Pereira

Conselho editorial

Germana Henriques Pereira
Fernando César Lima Leite
Beatriz Vargas Ramos Gonçalves de Rezende
Carlos José Souza de Alvarenga
Estevão Chaves de Rezende Martins
Flávia Millena Biroli Tokarski
Izabela Costa Brochado
Jorge Madeira Nogueira
Maria Lídia Bueno Fernandes
Rafael Sanzio Araújo dos Anjos
Verônica Moreira Amado

EDITORA



UnB

Criatividade em matemática

conceitos, metodologias e avaliação

Cleyton Hércules Gontijo
Alexandre Tolentino de Carvalho
Mateus Gianni Fonseca
Mateus Pinheiro de Farias



Pesquisa,
Inovação
& Ousadia

Coordenadora de produção editorial
Preparação e revisão
Diagramação

Equipe editorial

Luciana Lins Camello Galvão
Talita Guimarães Sales Ribeiro
Marina D. L. Cunha

© 2018 Editora Universidade de Brasília

Direitos exclusivos para esta edição:
Editora Universidade de Brasília
SCS, quadra 2, bloco C, nº 78, edifício OK,
2º andar, CEP 70302-907, Brasília, DF
Telefone: (61) 3035-4200
Site: www.editora.unb.br
E-mail: contatoeditora@unb.br

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser armazenada ou reproduzida por qualquer meio sem a autorização por escrito da Editora.

Esta obra foi publicada com recursos provenientes do Edital DPI/DPG nº 2/2017.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília

C928 Criatividade em matemática : conceitos, metodologias e avaliação /
Cleyton Hércules Gontijo ... [et al.] – Brasília : Editora
Universidade de Brasília, 2019.
122 p. : il. ; 23 cm.

ISBN 978-85-230-1019-5

1. Criatividade em matemática. 2. Pensamento criativo em matemática.
3. Criatividade em matemática – avaliação – estímulo. I. Gontijo,
Cleyton Hércules.

CDU 51:159.954



*Dedicamos este livro a todos os
professores que ensinam matemática.*



“A criatividade é contagiosa, passe-a adiante.”

Albert Einstein



Sumário

Introdução	11
Capítulo 1. Uma aproximação aos estudos da criatividade	19
Teoria do investimento em criatividade	26
Modelo Componencial de Criatividade	31
Perspectiva de sistemas	33
Modelos sistêmicos de criatividade – pontos de convergência	36
Capítulo 2. Criatividade em matemática: conceitos e pesquisas	37
Capítulo 3. Estratégias para o desenvolvimento da criatividade em matemática	55
Resolução de problemas abertos.....	61
Elaboração de problemas	65
Redefinição de um problema	73
Capítulo 4. Avaliação de habilidades criativas em matemática	79
Considerações finais	101
Referências.....	105
Sobre os autores	121



Introdução

Nos mais diversos países, as políticas educacionais têm orientado a formulação de um currículo escolar centrado na transmissão do conhecimento acumulado pela humanidade ao longo da história, reconhecendo seu papel fundamental no avanço científico, tecnológico e social das comunidades. Entretanto, em muitas nações, as recomendações curriculares não se esgotam apenas no ensino dos conhecimentos científicos, mas associam ao currículo outros tipos de saberes que contribuem igualmente para o desenvolvimento pleno das capacidades humanas.

A legislação educacional brasileira, por exemplo, expressa essa preocupação na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, ao afirmar, no Art. 2º, que a educação “tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1996).

Além disso, em diversos países, têm-se solicitado que os sistemas de ensino ofereçam uma educação que possibilite: (a) motivar os jovens e aumentar sua confiança e autoestima; (b) melhorar sua empregabilidade; (c) desenvolver suas habilidades de comunicação e de interação social; (d) promover a tolerância cultural e a compreensão; (e) promover a responsabilidade social e a participação política; e (f) promover a inclusão e combater a exclusão em um mundo de rápida mudança social e econômica (NACCCE, 1999, p. 26-27).

Outro aspecto comum às diversas orientações curriculares é a preocupação em incluir entre seus objetivos o desenvolvimento do potencial criativo dos estudantes. Considera-se que a criatividade é fundamental para lidar com os desafios sociais,

econômicos e tecnológicos que estão emergindo na atualidade, e que o desenvolvimento de habilidades criativas pode fornecer as condições para que as pessoas apresentem soluções inovadoras para problemas que impactam tanto a esfera pessoal quanto a vida social. Outro argumento a favor da inclusão da criatividade como um dos objetivos educacionais refere-se a indícios de sua importância para o bem estar emocional e para a saúde dos indivíduos, resultando em melhoria da qualidade de vida (MITJÁNS MARTÍNEZ, 2002).

De la Torre (2005) nos diz que a riqueza de um país não está apenas em seus recursos naturais, mas também na capacidade inovadora e criativa das gerações mais jovens. Nesse sentido, torna-se fundamental incluir nos objetivos educacionais, desde as primeiras etapas de escolarização até os níveis mais elevados de formação acadêmica, estratégias para permitir o desenvolvimento de atitudes e habilidades criativas, possibilitando um aprimoramento individual e social continuado.

O destaque que a criatividade tem recebido nos últimos tempos decorre da concordância, entre diversos pesquisadores, de que essa habilidade é um atributo humano valorizado e desejado nas mais diversas áreas em que se dão as relações sociais (LUBART, 2007; MITJÁNS MARTINEZ, 2008). Por exemplo, a relevância dada à criatividade por empresários e executivos pode estar relacionada ao rápido crescimento da concorrência no mundo dos negócios e da indústria. Muitas empresas e organizações estão continuamente sob pressão para aperfeiçoar sistemas e produtos antigos, e seu crescimento e sobrevivência estão diretamente relacionados à sua capacidade para produzir (ou adotar) e implementar novos produtos, serviços e processos. Líderes criativos podem contribuir, à frente de uma organização, para que ela não perca sua capacidade produtiva em um cenário de concorrência e rápida mudança de ambiente econômico (PROCTOR, 2010).

Refletindo igualmente acerca da relevância de se desenvolver o potencial criativo, Alencar e Fleith (2003) afirmam que a criatividade tem importância primária para a sobrevivência em um mundo onde o futuro é incerto e as mudanças ocorrem intensa e rapidamente, demandando soluções criativas a todo momento. Novaes

(1997) também enfatiza o importante papel que a criatividade desempenha no processo de adaptação do indivíduo ao meio ambiente, uma vez que a personalidade criativa teria maior facilidade para contornar as dificuldades surgidas na comunicação com os outros até chegar ao verdadeiro encontro consigo mesma.

Lubart (2007) justifica a importância da criatividade salientando a necessidade de abordá-la sob variadas perspectivas. Essa abordagem múltipla se justificaria tendo em vista que a criatividade é um meio de ajudar a resolver problemas da vida afetiva e profissional, base para o crescimento econômico e forma de desenvolver nas pessoas novas possibilidades para a solução de questões sociais e planetárias.

Esses são alguns exemplos do valor dado à criatividade nos diferentes espaços sociais. Bastante popularizada na atualidade e “largamente difundida pelos meios de comunicação” (LUBART, 2007, p. 7), a criatividade tem despertado o interesse de pesquisadores, empresários, professores, neurocientistas, psicólogos e da sociedade em geral. Nesse exercício de buscar entender como se dá o desenvolvimento do potencial criativo das pessoas, o campo da psicologia vem se destacando com a apresentação de um número crescente de pesquisas empíricas que contribuem para construir um rico arcabouço de conhecimento nessa área, auxiliando os mais diversos profissionais a compreender a dinâmica em que se constituem as habilidades criativas nas estruturas psíquicas humanas. No campo da educação, as investigações relacionadas à criatividade ainda são tímidas, mas têm evoluído em termos numéricos nos últimos tempos.

Ao olhar para o cenário educacional, Alencar (1990) ressalta a necessidade de se criarem condições nas salas de aula para o desenvolvimento e a manifestação do pensamento criativo, preparando o aluno para “lidar com problemas que somos até hoje incapazes de antecipar” (p. 14). Dacey e Conklin (2013) apontam que as rápidas mudanças em curso no mundo dificultam prever o que será requisitado das crianças e jovens quando chegarem à idade adulta, e, em função disso, dizem que a realidade atual requer a formação de indivíduos capazes de se adaptar às mudanças e aplicar conhecimentos e informações em novas situações, trabalhando

colaborativamente para resolver problemas. Para esses autores, a criatividade será a chave que permitirá aos estudantes desvendar e navegar nesse mundo cada vez mais complexo, e cabe à escola, entre outras atribuições, estimular o desenvolvimento do potencial criativo dos indivíduos.

Sem perder de vista que todos os espaços nos quais a educação dos indivíduos se desenvolve (o familiar, o profissional, o religioso, o de lazer etc.) devem ser espaços que favorecem a criatividade e a expressão dos talentos, tomaremos o ambiente escolar como referência para discutir a criatividade, pois é nesse ambiente que se desenvolve a educação institucionalizada e, no caso brasileiro, obrigatória para todos aqueles que têm de 4 a 17 anos de idade. A escola é um dos principais espaços de vivência e de socialização para as crianças e jovens, convertendo-se, portanto, em um lugar privilegiado para um trabalho pedagógico que favoreça o desenvolvimento da criatividade.

Nesse cenário, a educação escolar desempenha um importante papel no fomento à criatividade, uma vez que as práticas escolares podem promover condições favoráveis ao desenvolvimento do potencial criativo dos alunos (FLEITH; ALENCAR, 2005). O reconhecimento de que essas práticas exercem influência no processo de formação dos alunos fez com que diversos pesquisadores propusessem formas de se cultivar a criatividade no ambiente escolar (ALENCAR, 2007; ALENCAR; FLEITH, 2003a; AMABILE, 1989; FLEITH, 2007; GONTIJO, 2007; NAKANO; WECHSLER, 2007; STARKO, 1995; TORRE, 2005; VIRGOLIM, 2007; WECHSLER, 2001). Outros estudos buscam ainda discutir os fatores que constituem barreiras ao desenvolvimento da criatividade em sala de aula (ALENCAR; FLEITH, 2004; ALENCAR; FLEITH; VIRGOLIM, 1995; STERLING, 2003). Todos esses estudos evidenciam, de maneira geral, aspectos da cultura escolar que se aplicam e/ou se manifestam em diferentes componentes curriculares. No entanto, não analisam como é tratada a criatividade em cada área do conhecimento especificamente.

A importância de uma discussão acerca da criatividade no campo da matemática reside no fato de essa disciplina ser tratada, paradoxalmente, como uma área

difícil, impossível de aprender ou, ainda, exclusiva para gênios (MARTINS, 1999; SANTOS; DINIZ, 2004; SILVEIRA, 2002) e, ao mesmo tempo, como fundamental ao processo de desenvolvimento científico e tecnológico, além de ser requisitada para admissão nas principais instituições de ensino, bem como na maioria das ocupações profissionais. Diversas estratégias didáticas podem constituir possibilidades para a superação das representações negativas relacionadas à matemática. Acreditamos que um currículo que se preocupe com o desenvolvimento da criatividade pode ter uma significação importante nessa superação.

Sheila Tobias (2004) concorda que o trabalho pedagógico desenvolvido com vistas a promover a criatividade em matemática colabora para a superação da ansiedade envolvida em sua aprendizagem, além de quebrar barreiras que impedem o sucesso na área. Além disso, segundo a autora, 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 e da explicação do objeto de estudo. A autora acrescenta ainda que o desenvolvimento da criatividade em matemática possibilita repensar essa área como carreira profissional, pois, na atualidade, ela tem atraído poucos jovens.

Ressaltamos também que, dentre as diversas áreas do conhecimento que têm uma estreita relação com o processo de desenvolvimento científico e tecnológico, a matemática desempenha um papel importante, contribuindo especialmente para a Informática e a Engenharia. Sua participação, porém, não se restringe a essas áreas, pois está cada vez mais presente nas Ciências Humanas, Sociais e Biológicas, na construção de instrumentos de mensuração e validação de observações e na construção de modelos para a explicação do fato social (BRASIL, 1999). Além do campo científico e tecnológico, ressaltam-se as contribuições que a matemática pode dar à formação do cidadão, uma vez que a compreensão e a tomada de decisões políticas e de abrangência social dependem da leitura crítica e da interpretação de informações complexas, muitas vezes contraditórias, que incluem dados estatísticos e índices divulgados pelos meios de comunicação (BRASIL, 1998). Para o pleno

exercício da cidadania, faz-se necessário o desenvolvimento de diversas habilidades, entre elas saber calcular, medir, raciocinar, argumentar, tratar informações estatisticamente etc., habilidades estas que podem ser desenvolvidas a partir do trabalho com situações ligadas ao campo da matemática.

Contudo, apesar de sua importância para as diversas áreas do conhecimento, bem como no cotidiano das pessoas, os processos de ensino e aprendizagem da matemática escolar não têm colaborado para o sucesso de todos os estudantes nessa ciência. Entre as barreiras que o Brasil enfrenta em relação ao ensino da matemática, apontam-se a deficiência na formação docente, as restrições referentes às condições de trabalho dos professores, a falta de projetos educativos e as interpretações errôneas de concepções pedagógicas. Essas barreiras explicam, em grande parte, o desempenho insatisfatório dos alunos, revelado pelas elevadas taxas de retenção em matemática, além da apatia, desinteresse e falta de autonomia na condução do seu próprio processo formativo.

Dentre as diversas ações necessárias para alterar essa realidade, destaca-se a implantação de um currículo que motive os estudantes a explorar os conhecimentos de forma contextualizada a fim de garantir seu direito à aprendizagem e ao seu pleno desenvolvimento, inclusive de sua capacidade criadora. No que diz respeito às diretrizes curriculares, ressaltamos que os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de matemática trazem a criatividade como um dos objetivos dessa disciplina nas diversas etapas da educação básica. Os documentos que trazem as orientações para o Ensino Fundamental (BRASIL, 1997, 1998) apresentam, entre outros objetivos, que o trabalho com a matemática proporcione condições para que os alunos sejam capazes de utilizar tanto o pensamento lógico quanto a criatividade e a intuição para questionar a realidade, formulando e resolvendo problemas. Em relação ao Ensino Médio, os Parâmetros Curriculares Nacionais recomendam que o trabalho com a matemática tenha como objetivo, entre outros, “desenvolver as capacidades de raciocínio e resolução de problemas, de comunicação, bem como o espírito crítico e criativo” (BRASIL, 1999, p. 85).

Todavia, apesar de incluir a criatividade em seus objetivos, esses Parâmetros não indicam como desenvolvê-la e estimulá-la ao se efetivar o trabalho pedagógico com a matemática. Destaca-se que vários trabalhos de natureza acadêmica fazem referência à criatividade, porém também deixam de explicitar como essa habilidade pode estar associada à atividade matemática. Tampouco expressam o que significa criatividade, permitindo assim que o entendimento dessa temática não se distancie daquele assentado no senso comum, que trata a criatividade como um dom inato. Ressalta-se que essa ausência de conceituação ou, antes, a ausência de operacionalização daquilo que se considera como criatividade pode estar relacionada a uma concepção que remete esse termo quase que exclusivamente ao universo do lúdico, da brincadeira e dos jogos, sem relação com o campo da resolução de problemas.

Essa falta de clareza sobre o que é criatividade e, especialmente, sobre o que é criatividade em matemática e como desenvolvê-la, motivaram a produção deste livro. Propomo-nos, assim, a apresentar um panorama das pesquisas em criatividade, destacando o campo da matemática escolar, apresentando conceitos e estratégias didáticas para favorecer o desenvolvimento da criatividade matemática e, ainda, critérios para a análise das produções dos estudantes a fim de identificar seu potencial criativo em matemática.

Destacamos que a produção deste livro resulta de pesquisas realizadas em programas de pós-graduação *stricto sensu* da Universidade de Brasília e, em função disso, buscamos discutir o tema criatividade em matemática sob uma perspectiva acadêmica, apoiados em estudos e pesquisas realizados pelos autores e por outros investigadores, de distintas nacionalidades, que também têm esse tema como objeto de investigação.

Assim sendo, esta introdução apresenta alguns aspectos que justificam o investimento em pesquisas no campo da criatividade, indicando sua importância nos mais variados contextos da vida humana.

No capítulo 1, “Uma aproximação aos estudos da criatividade”, abordamos o tema criatividade destacando as contribuições de pesquisas no campo da psicologia, especialmente de alguns modelos sistêmicos que explicam esse fenômeno.

O capítulo 2, “Criatividade em matemática”, destina-se à apresentação de uma revisão de literatura sobre criatividade em matemática, destacando aspectos conceituais e processos investigativos nessa área.

No capítulo 3, “Estratégias para o desenvolvimento da criatividade em matemática”, destacamos a resolução, formulação e redefinição de problemas como estratégias didáticas para orientar o trabalho pedagógico com vistas ao desenvolvimento da criatividade em matemática.

No capítulo 4, “Avaliação de habilidades criativas em matemática”, discutimos alternativas para a análise da produção dos estudantes a fim de identificar seu potencial criativo em matemática. Uma das abordagens discutirá a elaboração e aplicação de testes de criatividade em matemática.

O último capítulo, “Considerações finais”, sem perder de vista as limitações desta obra, apresenta algumas recomendações para que a organização do trabalho pedagógico favoreça o desenvolvimento da criatividade em matemática.

Esperamos, com este livro, contribuir para a divulgação de estudos e pesquisas no campo da criatividade em matemática, ainda recente no cenário brasileiro, e também subsidiar os educadores matemáticos brasileiros na formulação de atividades e práticas que promovam a criatividade de seus alunos.

CAPÍTULO 1

Uma aproximação aos estudos da criatividade

Há indícios de que as concepções sobre o que é criatividade têm origem em uma abordagem mística que a considerava um dom divino ou um presente de uma entidade espiritual, que dotava alguns indivíduos com uma condição superior de poder criativo. Tal concepção pode ser percebida nas descrições feitas por Platão acerca da musa inspiradora dos poetas, ou da crença de que o talento musical de Beethoven decorria de um espírito que lhe ditava as músicas, assim como as habilidades literárias do escritor Rudyard Kipling resultariam da ação de um demônio que habitava sua caneta. Esses exemplos revelam o caráter místico atribuído à criatividade e à elaboração de produtos considerados criativos pela sociedade em âmbito mundial (LUBART, 2007).

Outra abordagem que remonta aos primórdios dos estudos em criatividade se refere à atribuição dessa característica aos considerados gênios. Lubart (2007, p. 12) lembra que “durante o século XVIII surgiram os debates filosóficos sobre o gênio e, em particular, sobre os fundamentos do gênio criativo”. Nesse cenário de debates sobre a genialidade atribuída a alguns seres humanos que seriam dotados de capacidades especiais inatas, a criatividade deixa de ser concebida como um dom divino e passa a ser considerada como “uma forma excepcional de genialidade, diferente de talento, e determinada por fatores genéticos e condições ambientais” (ALBERT; RUNCO, 1999 apud LUBART, 2007, p. 12).

Novaes (1977) descreve essas duas abordagens classificando-as como teorias filosóficas ligadas à intuição e ao poder superior. Assim, essas teorias explicam a criatividade como força vital movida pelas divindades ou como força cósmica que transforma pessoas em gênios criadores.

Em contrapartida, estudos empíricos têm contribuído com novas formas de enxergar a criatividade e apresentam concepções que superam as visões dominantes no senso comum. São tentativas de rever, por meio de estudos científicos, aquilo que se compreende sobre a criatividade, vencendo a concepção mística na medida em que busca desvendar a forma como se desenvolve o potencial criativo de cada pessoa, e superando a visão inatista de genialidade ao levantar a importância das experiências de vida para o acúmulo de elementos necessários para a emergência da criatividade.

Uma dessas abordagens foi o modelo proposto pelo psicólogo Graham Wallas, em 1926, que se tornou um clássico da matéria de processo criativo. O modelo provavelmente foi inspirado em Poincaré e Helmholtz, que no limiar do século XX apresentaram três fases do processo criativo, similares às fases apontadas por Wallas. Em sua obra, *The art of thought*, após estudar empiricamente a vida de inventores famosos, Wallas descreveu o processo criativo em quatro etapas, algumas ocorrendo em nível de funções conscientes e outras surgindo no cerne dos processos inconscientes: a fase de preparação, a fase de incubação, a fase de iluminação e a fase de verificação.

Na fase de preparação a pessoa investiga uma solução para determinado problema, dedicando-se a essa atividade. Alencar e Fleith (2003a, p. 49) afirmam que “esse envolvimento leva a pessoa a trabalhar cada vez mais no problema que o fascina, levando o investigador a despende uma enorme quantidade de tempo e esforço”. Assim, a pessoa busca compreender os elementos que constituem o problema e se especializa de modo a tentar entender o funcionamento daquilo que é seu objeto de investigação:

Durante a fase de preparação, o problema é “investigado em todas as direções”, como o pensador prepara o solo mental para a semeadura das sementes. É o acúmulo de recursos intelectuais de que se dispõe para construir as novas ideias. É totalmente consciente e envolve uma parte de pesquisa, uma parte de planejamento, uma parte de entrar no frame direito da mente e atenção. (POPOVA, 2013, s/p).

Observa-se que o processo criativo não ocorre de modo simples e despropositado. Ao contrário, ele requer uma gama de situações favoráveis para que ocorra, necessitando da captação de uma diversidade de elementos para que o indivíduo em estado de criação possa se organizar diante do problema a ser solucionado. Necessita, ainda, de uma tomada de consciência diante do problema e das implicações de sua solução, sendo, portanto, um processo imbuído de intencionalidade. Nesse sentido, a criatividade não é um presente da mente humana que brinda pessoas especiais em momentos raros, mas se constitui por meio de um árduo processo de preparação. A musa inspiradora dos poetas e artistas criativos nada mais é do que um profundo conhecimento daquilo que se pretende produzir, assim como a solução inesperada para um problema tido como não solucionável não pode ser considerada uma criação de um ser dotado de hipersensibilidade, mas sim o resultado de um árduo esforço mental frente ao problema.

Na segunda etapa ocorre o momento da incubação. Novaes (1977, p. 49) afirma que “na fase da incubação, uma das mais interessantes de ser estudadas, o inconsciente tem destacada influência”. Essa fase costuma ocorrer quando, após árdua reflexão sobre um determinado problema, já exausta e descrente, a pessoa decide abandonar de vez seu intento e passa a realizar uma atividade relaxante tentando se desligar daquele problema tão desgastante. Para Lubart (2007), esse é um momento em que não há trabalho consciente, fase da produção criativa na qual, mesmo a pessoa voltando-se a outras atividades e preocupações, o sistema nervoso central continua trabalhando de forma inconsciente, realizando associações imperceptíveis.

A terceira fase, chamada por Wallas de fase de iluminação, aparece no momento em que uma ideia se destaca dentre as ideias formadas durante o trabalho inconsciente, quando a pessoa estava mergulhada em outros afazeres ou em estado de relaxamento. Esse indivíduo, já relaxado e com poucas lembranças do insucesso que há pouco havia experimentado, de repente é surpreendido por um pensamento que o remete ao problema e... *eureka!* Lubart (2007) descreve esse momento como

um *flash*, uma iluminação súbita. Nessa etapa do processo criativo, a pessoa é surpreendida com uma solução repentina, surgida quando menos se esperava, no banho, no cinema, no intervalo de um programa de televisão, ao cortar a grama. A propósito, o termo *eureka* foi pronunciado pelo matemático Arquimedes, como bem lembrado por Perkins (2001), quando corria nu pelas ruas após descobrir, durante o banho, como determinar se havia prata misturada à coroa de ouro que o rei Hiero II mandara fazer para oferecer aos deuses.

Já a última fase se realiza no nível do trabalho consciente. É a fase de verificação, momento no qual o criador da ideia valora seu produto, testando sua funcionalidade e identificando fragilidades para aperfeiçoá-lo. Nessa fase, portanto, avalia-se a necessidade de se retornar ou não às outras fases do processo criativo.

Muitas críticas têm sido apontadas a esse modelo de processo criativo em quatro fases, seja evidenciando a necessidade de se aumentar a quantidade de fases, seja apontando falhas na padronização desse processo, que sugere que ele ocorre de forma igual para todas as pessoas. Outra restrição apresentada a esse modelo de quatro fases é o fato de se concentrar apenas no estudo do indivíduo, desconsiderando a influência de outros fatores presentes nos contextos nos quais este se encontra inserido. Apesar das críticas, essa concepção continua a ser utilizada como base para a compreensão do processo de resolução criativa de problemas (MORAIS, 2001; SRIRAMAN, 2004).

No entanto, Lubart salienta que, nos últimos 20 anos, foram propostas formas multifacetadas de analisar a criatividade, tomando-a como “o resultado de uma convergência de fatores cognitivos, conativos e ambientais” (2007, p. 16). Percebe-se, assim, uma mudança de perspectiva que deixa de considerar a criatividade em seu aspecto individual e passa a concebê-la envolta em uma multiplicidade de fatores. Nessa perspectiva, a criatividade pode ser considerada como o processo de criação de um produto, validado por uma determinada sociedade em um determinado período da história, de forma diretamente resultante das condições cognitivas, emotivas e de personalidade do indivíduo que cria.

A vasta literatura dessa área de estudo não fornece nenhum conceito único sobre o que se entende por criatividade. Entretanto, bases filosóficas diversas e abordagens monofacetadas e multifacetadas fornecem uma rica fonte de discussão sobre as compreensões que se tem do potencial criativo. Assim, dependendo da ótica sob a qual se estuda essa capacidade humana, focando um de seus aspectos (a pessoa, o produto, o processo ou o ambiente) ou estudando esses aspectos de forma inter-relacionada, concebe-se a criatividade de uma forma diferente.

Goswami (2012), reconhece a existência de dois tipos básicos de criatividade: a criatividade situacional, com a qual se resolvem novos problemas combinando ideias antigas de maneira inovadora, e a criatividade fundamental, que “versa sobre verdadeira originalidade, da qual é capaz só mesmo a consciência, em sua liberdade incondicional” (p. 64). O autor considera, assim, a criatividade como duas possibilidades de surgimento do novo: por meio da combinação de ideias já existentes e por meio de surgimento de novas ideias.

Segundo Lubart, a maioria dos investigadores concebe a criatividade como “a capacidade de realizar uma produção que seja ao mesmo tempo nova e adaptada ao contexto na qual ela se manifesta” (p. 16). Nessa abordagem, considera-se novo um produto a que é atribuído o ineditismo pelo fato de jamais ter sido percebido por aqueles que o consideram original. Sendo original, o produto precisa, ainda, ser adaptado, ou seja, ser útil para aquilo a que se propõe, devendo ser validado por aqueles que o avaliam enquanto produto criativo.

Nessa perspectiva, Mihaly Csikszentmihalyi (1996) evidencia que:

Não há nenhuma maneira de saber se um pensamento é novo, exceto com referência a alguns padrões, e não há nenhuma maneira de saber se ele é valioso até que passe pela avaliação social. Portanto, a criatividade não acontece dentro da cabeça das pessoas, mas na interação entre os pensamentos de uma pessoa e um contexto socio-cultural. É sistemático, em vez de um fenômeno individual. (p. 23).

Tomando as palavras de Csikszentmihalyi como referência, consideramos que nem todo pensamento individual se torna um produto criativo, mesmo que seja original. Para ser assim considerado, o produto, que nasce de uma atividade mental solitária, precisa passar pela avaliação coletiva para ser legitimado como produção criativa.

Não são raros os exemplos de criações em diversas áreas que hoje são tidas como produtos de valor inestimável, mas que não tiveram esse valor reconhecido quando foram primeiramente apresentadas por seus autores. Podemos citar, como exemplo, as obras de Leonardo Da Vinci. Esse artista/cientista elaborou vários projetos na área da engenharia, muitos dos quais só foram concretizados mais de quatro séculos depois, como o helicóptero, que ele concebeu em 1510 e que ficou esquecido até o começo do século XX, quando foi construído pelos irmãos Wright. Outro exemplo é o do renomado pintor Vincent van Gogh, cujas obras só foram reconhecidas cerca de uma década após sua morte. Sendo assim, para que um produto possa ser considerado criativo, ele precisa ser concebido em um processo sistêmico, onde todo um conjunto de indivíduos organizados dentro de uma cultura e de um contexto histórico decidem pela aceitação ou rejeição dessa criação.

Por outro lado, existem outras posições que consideram a importância das criações para os indivíduos, independentemente do reconhecimento social. Muitos autores (AMABILE, 2012; GARDNER, 1993; KAUFMAN; BEGHETTO, 2007, 2009; LUBART, 2007) têm caracterizado três tipos de criatividade: O *little-c*, o *big-C* e o *mini-c*.

Kaufman e Beghetto (2007), além de tratarem da criatividade conhecida por *big-C* como sendo os produtos altamente destacados ao longo do tempo por notória criatividade, citando os produtos de sucesso criados pelos “Beethovens, the Monets, the Edsons” (KAUFMAN; BEGHETTO, 2007, p. 75), e destacarem a criatividade *little-c* pelas criações de menores proporções, ainda trazem o conceito do que denominam criatividade *mini-c*, que é uma subcategoria do *little-c*, vez que é uma criatividade ainda “pessoal”, não tendo o produto sugerido alcançado os quesitos necessários para que outros julguem como criativo. Kaufman e Beghetto (2007, p. 75) dizem

que “as concepções atuais da criatividade *little-c* não são suficientes para tratar dos processos criativos pessoais envolvidos na construção de novos conhecimentos dos indivíduos”, pois, por vezes o traço criativo evidenciado pelo sujeito ainda não se torna um produto julgado criativo na observação ampla dos juízes. Um sujeito pode ter uma ideia nova para ele, mas que não é para o coletivo.

Enfim, pode-se conceituar de forma prática que *big-C* se refere a produtos que geram alteração no campo/domínio de conhecimento, fase em que as pessoas tendem a se tornar famosas pelos seus feitos; *little-c* é a criatividade cotidiana que pode trazer contribuições interessantes, mas com impacto menor do que o desenvolvido no *big-C*; enquanto, por fim, o *mini-c* está ligado a uma “criatividade intrapessoal” apoiada no processo de aprendizagem do sujeito (KAUFMAN; BEGHETTO, 2007). O *mini-c* é, portanto, a fase inicial no desenvolvimento de algo *little-c* que, posteriormente, pode vir a se tornar *big-C*.

Esses autores definem o *mini-c* pelos produtos que se enquadram nos quesitos de serem novos e úteis para o sujeito, sem a obrigatoriedade de serem originais para outros – o que dá margem a um entendimento da existência de uma “criatividade pessoal”, mostrando que o que diferencia esta de outras concepções de criatividade (*little-c* e *big-C*) é a fase de julgamento: “O julgamento referente à novidade e utilidade constituinte da criatividade *mini-c* é um julgamento intrapessoal” (KAUFMAN; BEGHETTO, 2007, p. 73).

Outra perspectiva que considera a importância da criatividade no nível pessoal refere-se à perspectiva subjetiva sustentada por Mitjáns Martínez (2004). A autora considera a criatividade como um processo complexo da subjetividade humana na qual duas dimensões indissociáveis se articulam: a dimensão individual e a dimensão social. Assim, criatividade é “um processo complexo da subjetividade humana na simultânea condição de subjetividade individual e subjetividade social, expresso na produção de algo ‘novo’ e ‘valioso’ em algum campo da ação humana” (MITJÁNS MARTÍNEZ, 2012, p. 89), ao menos para o indivíduo. Segundo a autora, participam desse processo “configurações específicas que assumem um

caráter único e irrepetível nos sujeitos concretos.” (MITJÁNS MARTÍNEZ, 2004, p. 88). Desse modo, a concepção subjetiva evidencia a importância da criatividade também no plano psicológico e não apenas no plano social.

Partindo do pressuposto de que a criatividade se dá em um contexto sistêmico, alguns autores passaram a organizar epistemologicamente as concepções sobre criatividade explicando-a por meio de uma abordagem que integra vários fatores. Três modelos teóricos, reconhecidos como modelos sistêmicos, vêm se destacando na contemporaneidade pela forma como abordam o fenômeno da criatividade: a teoria do investimento elaborada por Sternberg e Lubart (1991); o modelo componencial idealizado por Amabile (1983); e a perspectiva de sistemas apresentada por Csikszentmihalyi (1988).

O surgimento dos modelos sistêmicos possibilitou uma visão integrada de aspectos que compõem os processos criativos, buscando superar as fragilidades apontadas nos modelos clássicos que abordam a criatividade de forma fragmentada em níveis e/ou etapas sequenciadas que ocorrem no plano cognitivo individual, desvinculadas de outros aspectos como as relações sociais, os aspectos emotivos e as influências do ambiente. A seguir, abordaremos algumas características desses três modelos sistêmicos.

Teoria do investimento em criatividade

Sternberg e Lubart (1991) nomearam o seu modelo de estudo da criatividade de teoria do investimento, fazendo alusão ao mercado financeiro. Para Sternberg (2006), pessoas que são criativas são bons investidores: estão dispostas e são capazes para comprar barato e vender caro no mundo das ideias. Compram barato ideias que são desconhecidas ou que estão em desuso, mas que têm potencial de crescimento. Segundo o autor, muitas vezes essas ideias encontram resistência quando são apresentadas pela primeira vez, mas o indivíduo criativo persiste em face dessa resistência e, por fim, vende alto. Em outras palavras, uma pessoa criativa enxerga o óbvio onde ninguém antes enxergou, transformando o simples em algo original e valioso.

A teoria do investimento aborda o processo criativo como resultante da inter-relação entre os fatores inteligência, estilos intelectuais, conhecimento, personalidade, motivação e contexto ambiental. Sternberg e Lubart examinam o processo de criação separando esses fatores em componentes cognitivos (inteligência e conhecimento), conativos (estilos intelectuais, personalidade e motivação) e ambientais (contexto ambiental).

Referindo-se ao fator inteligência, os autores apontam três habilidades cognitivas envolvidas na produção criativa: habilidade de considerar o problema sob um ângulo diverso do convencional (habilidade sintética); habilidade de avaliar e reconhecer as produções que apresentam potencial para serem reconhecidas como criativas (habilidade analítica); e habilidade de convencer a sociedade sobre o valor de suas ideias e de se adaptar a novas situações (habilidade prática-contextual). A confluência dessas três habilidades é considerada importante, pois quando a habilidade analítica é usada de forma desconectada das outras duas habilidades, resulta em um poderoso pensamento crítico, mas não criativo. Quando se utiliza a habilidade sintética na ausência das demais, o que obtém são novas ideias que não estão sujeitas ao escrutínio necessário para melhorá-las e fazê-las operar. A habilidade prática-contextual, quando utilizada na ausência das demais, pode resultar na aceitação social das ideias não porque estas sejam realmente boas, mas porque foram apresentadas de forma convincente. Sternberg ressalta ainda que ter essas três habilidades não é suficiente para a produção criativa, pois o primeiro requisito para essa produção é tomar a decisão de usar essas habilidades (STERNBERG, 2006).

Em relação aos estilos intelectuais, Sternberg e Lubart criaram uma tipologia para caracterizar as pessoas segundo sua forma de usar a inteligência. Para eles, os mais criativos se encaixam no estilo legislativo, ou seja, formulam problemas e criam maneiras de encarar os fatos. Pessoas menos criativas estariam orientadas por um estilo executivo, com mais propensão à realização de ideias elaboradas por terceiros. Um último grupo de pessoas comporia o estilo denominado de judiciário, caracterizado pela preferência por emitir julgamentos e avaliar pessoas, tarefas, regras etc.

Lubart (2007) apresenta também outros estudos relacionando os estilos cognitivos à criatividade. Ele difere dois grandes tipos de estilos: o intuitivo e o sensitivo. O autor defende que a intuição dirige a seleção de ideias mostrando as direções prováveis para a resolução de um problema, sendo, portanto, bastante útil para a criatividade. Quanto ao estilo sensitivo, a pessoa se dirige às percepções do mundo exterior. Além disso, o autor afirma que as relações entre os estilos cognitivos e a criatividade podem ser descritas em duas ordens: uma de natureza quantitativa, em que os estilos cognitivos predizem o grau de criatividade dos indivíduos, e outro de ordem qualitativa, que “não prediz o grau de criatividade, mas sua natureza”, ou seja, “a maneira pela qual a pessoa gera as ideias” (p. 47).

Outro fator atuante na teoria do investimento em criatividade relacionado ao componente cognitivo é o conhecimento. Lubart (2007) define que esse fator é composto pelas informações, armazenadas na memória do indivíduo, provenientes de duas formas de educação: a formal e a informal. Nas experiências de vida pelas quais passam todos os seres humanos reside a fonte de onde se originam os elementos necessários para a produção e reorganização do conhecimento.

Conhecimento e criatividade se relacionam de tal forma que estudos têm evidenciado que esta não emerge sem aquele. A riqueza de conhecimentos em determinada área aprimora as criações imaginativas, dando-lhes um caráter mais racional ao fornecer elementos para uma produção menos fantasiosa e mais voltada para os problemas reais. Imaginação e intelecto passam a marchar juntos.

Contudo, pesquisas como as de Simonton (1984), Frensch e Sternberg (1989) e Lubart (2007) alertam para o fato de que, em alguns casos, o conhecimento pode ter efeitos negativos sobre a criatividade ao provocar uma obstrução da flexibilidade de pensamento, pois o uso da razão supera e inibe a produção imaginativa. Além disso, o medo do ridículo, o acesso ao conhecimento pronto, a especialização em uma determinada área gerando alienação das demais, a falta de tempo e o processo de aceleração das ações humanas são alguns fatores que fazem com que a produção criativa sofra um declínio considerável.

O quarto fator apontado pela teoria do investimento em criatividade refere-se aos traços de personalidade e faz parte do componente conativo. De acordo com os estudos de Sternberg e Lubart (1991), pessoas criativas comumente se apresentam como mais independentes, mais abertas a novas experiências, predispostas a correr riscos, menos preocupadas com sua imagem e mais tolerantes à ambiguidade. Lubart (2007, p. 40) cita Feist (1998), que realizou uma meta-análise de pesquisas empíricas concluindo que

pessoas criativas têm tendência a ser mais abertas às novas experiências, a ter mais confiança em si, a ser menos convencionais e menos conscienciosas que a população padrão. Elas seriam mais ambiciosas, dominantes, hostis e impulsivas.

Dessa maneira, Lubart lista seis traços de personalidade de suma importância para a criatividade:

- a) Perseverança: para realizar uma produção criativa, a pessoa precisa superar dificuldades, por maiores que sejam. Geralmente, o processo criativo envolve problemas de difícil solução, e o indivíduo empenhado em resolvê-los precisa perseverar ante as complicações possíveis. Perseverar, portanto, diz respeito à capacidade de dar continuidade aos projetos apesar dos obstáculos;
- b) Tolerância à ambiguidade: característica de pessoas que se mostram receptivas a situações de ambiguidade. Pessoas que apresentam esse traço de personalidade não se satisfazem com soluções precoces em face de problemas complexos;
- c) Abertura a novas experiências: traço de personalidade de pessoas curiosas que privilegia o surgimento da criatividade, dado que tais pessoas não temem o desconhecido e sentem-se à vontade para investigar e explorar situações desconhecidas;

- d) Individualismo: traço que permite aos indivíduos criativos discordar das ideias de um grupo e lançar-se por conta própria na busca de uma solução apropriada para um problema;
- e) Tomada de risco: toda atividade criativa envolve uma parcela de risco de variadas naturezas: de perda financeira, de rejeição social, de decepção pessoal etc. Para Lubart (2007), a tendência de correr riscos está necessariamente implicada, de uma forma ou de outra, com a criatividade;
- f) Psicotismo: traços de personalidade ligados à fuga da realidade. Segundo Lubart, “vários estudos indicam que o psicotismo está ligado à criatividade” (2007, p. 45).

O quinto fator da teoria do investimento, também ligado ao componente conativo, é a motivação, que pode ser de dois tipos: intrínseca e extrínseca. O primeiro tipo refere-se aos motivos internos que conduzem a pessoa a se dedicar a certo problema. Solucionado o problema, obtém-se a satisfação de desejos internos. Quando impulsionado pela motivação extrínseca, o sujeito age para obter recompensas externas, seja o reconhecimento social ou uma retribuição material.

O último fator apontado na teoria do investimento em criatividade refere-se ao contexto social. O ambiente familiar, escolar, profissional e os demais meios sociais e culturais interferem fortemente no processo criativo, tanto qualitativamente quanto quantitativamente. Lautrey (1980), citado por Lubart (2007), constatou que ambientes familiares mais estimulantes apresentam melhores condições para o desenvolvimento de crianças criativas, diferentemente de ambientes mais repressores ou precariamente estruturados. Ambientes repressores impedem que as crianças vislumbrem novas ideias por viverem experiências que lhes apresentam um mundo estável, enquanto os ambientes precariamente estruturados não oferecem condições para que a criança se sinta provocada a superar limites.

Modelo Componencial de Criatividade

Formulado por Amabile (1983), esse modelo considera que a criatividade é a capacidade de propor produtos e respostas que sejam novos, apropriados, úteis, corretos ou de valor para uma determinada tarefa, tendo em vista que essa tarefa deve ser de natureza heurística e não algorítmica. Percebe-se, na compreensão de criatividade formulada pela autora, um estágio de significação social pelo qual passa a ideia e no qual ocorre sua validação ou rejeição enquanto produto ou resposta apropriada, correta, útil e de valor.

Na composição do seu modelo, a autora considera alguns fatores que influenciam o desenvolvimento da criatividade: fatores cognitivos, motivacionais, sociais e de personalidade, ganhando ênfase maior os aspectos relacionados à motivação e às questões sociais. Amabile propõe que a criatividade emerge da interação entre quatro componentes: habilidades de domínio, processos criativos relevantes e motivação intrínseca e ambiente social. Segundo a autora, quando uma pessoa intrinsecamente motivada, com alta experiência em um determinado domínio e com habilidades de pensamento criativo trabalha em um ambiente que dá suporte para a criatividade, sua produção será elevada e poderá ser significativa em sua área de atuação.

O primeiro componente do modelo são as habilidades de domínio, que incluem conhecimento, experiência, habilidade técnica, inteligência e talento no domínio particular em que o solucionador de problemas está trabalhando (AMABILE, 2012). A ocorrência dessas habilidades em uma determinada área, segundo esse modelo, se constitui em uma dinâmica relacional entre atributos inatos, isto é, os talentos com os quais o indivíduo nasce, e as experiências de vida por meio das quais o indivíduo adquire seus conhecimentos. Sendo assim, a criatividade não surge de criação espontânea tal como acreditam os defensores do inatismo puro. Ganha grande importância para o desenvolvimento da criatividade o papel da educação e da apropriação do conhecimento, entendendo a autora que ambos podem ocorrer não apenas em ambientes institucionalizados,

como as escolas, mas também em outros espaços onde haja a socialização de experiências, como os ambientes informais.

Em relação ao componente “processos criativos relevantes”, Amabile (1989) enumera estilos e traços desenvolvidos ao longo da vida que determinam a relevância dos processos de criação: estilo de trabalho, estilo cognitivo, traços de personalidade e domínio de estratégias que favoreçam a produção de novas ideias. Assim, os processos criativos relevantes envolvem:

- a) Estilo de trabalho: diz respeito a atitudes como concentração, dedicação ao trabalho, persistência e habilidade de abandonar ideias improdutivas;
- b) Estilo cognitivo: como exemplos desse estilo, podemos apontar quebra de padrões de pensamento, quebra de hábitos, produção de várias opções e armazenagem e recordação de ideias;
- c) Traços de personalidade: autodisciplina, persistência, tolerância à ambiguidade e desejo de correr riscos são alguns exemplos de traços de personalidade que concorrem para o surgimento da criatividade;
- d) Domínio de estratégias que favoreçam a produção de novas ideias: essa característica permite ao indivíduo gerar múltiplas respostas, fazer analogias e combinações inusitadas e brincar com ideias, ou seja, “está alicerçada em princípios heurísticos” (ALENCAR; FLEITH, 2003b, p. 7).

Segundo Alencar e Fleith (2003b, p. 7), esses estilos e traços influenciam o indivíduo “no uso que se faz das habilidades de domínio”.

A motivação intrínseca refere-se a um componente essencial para fazer emergir a criatividade. É sabido que o ser humano é estimulado por duas formas de motivação: a extrínseca e a intrínseca. A motivação extrínseca refere-se às recompensas externas advindas da tarefa a ser cumprida, de tal forma que o foco da pessoa envolvida nessa tarefa está não na ação que realiza, mas na relevância da recompensa que dela resulta. Já a motivação intrínseca diz respeito aos motivos

internos que serão satisfeitos ao se realizar a tarefa. Especial importância é atribuída à motivação intrínseca no processo de produção criativa devido ao fato de que os motivos internos exercem forte influência sobre os modos como as pessoas agem diante de desafios quando são movidas pelo interesse em atingir objetivos pessoais, quando sentem prazer na tarefa que executam e quando buscam inteirar-se dos conhecimentos relevantes para a área na qual têm interesse.

Apesar de a motivação intrínseca, aparentemente, depender apenas de aspectos psicológicos individuais, Amabile (2001) chama a atenção para a força que o meio social exerce na constituição das motivações intrínsecas de cada indivíduo na medida em que este é influenciado pelos ambientes nos quais transita.

O quarto e último componente do modelo refere-se ao ambiente social como um fator social que tem impacto significativo na criatividade de um indivíduo. Amabile (2012) destaca a autonomia e o senso de autocontrole; a relevância do trabalho desenvolvido; a estrutura para a realização do trabalho; o incentivo por parte dos supervisores como estímulos do ambiente para o desenvolvimento da criatividade. Por outro lado, a autora realça que o excesso de críticas de desqualificação do indivíduo, a vigilância, a insegurança na exposição de ideias, a arbitrariedade nas decisões, a competição entre os pares, os problemas políticos dentro da instituição são fatores do ambiente que contribuem negativamente para a produção criativa.

Perspectiva de sistemas

Partindo do pressuposto de que a criatividade surge da interação entre o indivíduo e o ambiente sociocultural no qual se desenrola sua história de vida, Csikszentmihalyi (1988) desenvolve a teoria que denominou perspectivas de sistemas. Para o autor, a chave para compreender os processos criativos não reside em focalizar as pessoas criativas, mas sim o ambiente onde a criatividade se desenvolve. A forma como a maioria dos pesquisadores estava conduzindo os estudos sobre esse fenômeno, isolando o indivíduo das complexas redes de relações sociais e culturais

nas quais está inserido, seria insuficiente para dar conta de todo o contexto no qual a criatividade se desenvolve. Segundo o autor, “não podemos estudar a criatividade isolando os indivíduos e suas obras do ambiente social e histórico em que todas as suas ações são realizadas” (CSIKSZENTMIHALYI, 1988, p. 325).

Portanto, para fazer a criatividade emergir, deve-se focar a alteração das condições do meio ambiente e não o indivíduo em si, pois, “uma produção genuinamente criativa quase nunca é o resultado de uma visão súbita, uma lâmpada piscando no escuro, mas vem depois de anos de trabalho duro” (CSIKSZENTMIHALYI, 1996, p. 1). Além disso, o autor afirma que um produto tem garantido o rótulo de criativo por meio do julgamento social pelo qual passam todas as ações humanas. “Em outras palavras, é essencial reconhecer em que situações uma ideia ou produto é considerado criativo e incorporado à cultura” (ALENCAR; FLEITH, 2003, p. 84).

Na proposta de Csikszentmihalyi, a criatividade é abordada a partir de um modelo constituído por três grandes forças cuja interação dialética propicia a emergência da criatividade: o *campo* (conjunto de instituições sociais que selecionam, dentre as produções humanas, aquelas que valem a pena ser preservadas), o *domínio cultural* (que irá preservar e transmitir as novas ideias ou produções selecionadas para as gerações seguintes) e o *indivíduo* (que produz as mudanças no domínio e no campo através de sua ação criativa).

O campo reúne os indivíduos que possuem legitimidade para definir as ideias e produtos que farão parte do domínio. Desse modo, cada campo do conhecimento possui especialistas que distinguem aquilo que se considera criatividade daquilo que não merece tal *status*. Csikszentmihalyi dá bastante ênfase à importância do campo para o surgimento da criatividade. Para ele, “um campo – ou a sociedade que o abriga – pode diretamente estimular o surgimento de novas ideias nas pessoas que de outro modo nunca teriam feito o trabalho num domínio particular” (1988, p. 333). Assim, conforme o valor atribuído pelo campo à criatividade, seu desenvolvimento pode ser maior ou menor na medida em que é o campo que fornece aos indivíduos as condições materiais e psicológicas necessárias para o desenvolvimento de seus potenciais criativos.

O domínio diz respeito ao conjunto de ideias e informações produzidas e validadas em um determinado campo e que constituem uma determinada área do conhecimento. Em termos de domínio, a questão básica é “quais são as várias maneiras de que a informação pode ser armazenada e transmitida, e como a estruturação da informação afeta a criatividade?” (CSIKSZENTMIHALYI, 1988, p. 336). Para um indivíduo produzir algo novo e valioso, é necessário um bom conhecimento do domínio no qual sua ação se desenrola.

A terceira força geradora da criatividade diz respeito ao indivíduo, ou seja, a pessoa portadora de características genéticas e de experiências de vida que lhe fornecem os elementos constituintes de certo domínio, em determinado campo do conhecimento, para que possa gerar ideias e produtos tidos como criativos.

Csikszentmihalyi (1988, p. 337) levanta o fato de alguns indivíduos produzirem maior quantidade de variações no domínio em relação a outras pessoas. Ele responde essa questão atribuindo esse fenômeno às variáveis motivacionais, emotivas e cognitivas que influenciam a produção de ideias e produtos novos.

Ressalta-se que a perspectiva de sistemas concebe a criatividade como resultante de uma inter-relação entre campo, domínio e indivíduo, que agem de forma integrada para que a criatividade possa emergir. Nesse processo, o indivíduo, levado por motivações extrínsecas e intrínsecas e influenciado por fatores cognitivos e emotivos, produz ideias que serão julgadas em um determinado campo do conhecimento e que poderão ou não ser institucionalizadas como elementos pertencentes ao domínio.

Deve-se estudar esses três sistemas – pessoa, campo e domínio – de forma articulada, relacionando-os entre si, observando como interagem e como se produzem mudanças em suas estruturas. Igualmente, deve-se estudá-los separadamente a fim de aprofundar os conhecimentos em cada um desses sistemas, uma vez que cada um deles afeta e é afetado pelos outros. Esses sistemas representam três momentos de um mesmo processo criativo e a ação integrada de todos eles é necessária para que a criatividade se manifeste (CSIKSZENTMIHALYI, 1988).

Modelos sistêmicos de criatividade – pontos de convergência

Os três modelos sistêmicos aqui apresentados diferem dos modelos tradicionais que concebem a criatividade sob um olhar místico ou como genialidade inata por buscarem integrar múltiplos fatores – não só o indivíduo e suas circunstâncias pessoais – na constituição dos processos criativos.

Tais modelos contribuem para uma riqueza epistemológica na medida em que abordam o fenômeno da criatividade por meio de perspectivas diversas, mas não excludentes. Percebemos similaridades entre essas teorias ao tratarem a criatividade não como um fator isolado da complexidade humana, mas envolto em um sistema de fatores que se inter-relacionam. De igual modo, identificamos divergências que transformam o diálogo em torno desse conhecimento em uma busca infinita por compreender as relações nas quais a criatividade ocorre.

Gontijo (2007) destaca o reconhecimento de que o ambiente interfere na produção criativa como um elemento que aproxima os modelos de Sternberg e Lubart, Amabile e Csikszentmihalyi. Além disso, esses modelos têm em comum o fato de apresentarem a criatividade como um fenômeno que ocorre na inter-relação entre os aspectos pessoais, os conhecimentos produzidos pela humanidade e o ambiente. Portanto, podemos entender que as teorias sistêmicas possuem uma visão integrada desses três fatores– aspectos pessoais, contexto ambiental e conhecimento, e que essas teorias têm contribuído significativamente para o avanço das pesquisas e da produção de conhecimentos a respeito da criatividade.

Percebe-se, pelo exposto, que tratar do tema criatividade é algo complexo. São diversas as abordagens desse fenômeno, e apresentamos aqui apenas uma pequena síntese de algumas correntes teóricas que buscam explicar como ele ocorre. No próximo capítulo nos desafiamos a discutir esse fenômeno no campo da matemática.

CAPÍTULO 2

Criatividade em matemática: conceitos e pesquisas

A literatura sobre criatividade em matemática nos mostra que os estudos acerca do tema encontram suas primeiras expressões no início do século XX. Muitos autores apontam o trabalho do matemático Henri Poincaré como sendo o pioneiro na área de criatividade matemática (HADAMARD, 1954; MUIR, 1988; SRIRAMAN, 2004, GONTIJO, 2007, LEIKIN, 2009).

Poincaré (1908/1996) percebeu que duas formas de trabalho da mente são responsáveis pelo surgimento do fenômeno da criação. Uma delas, o trabalho inconsciente, ocorre em longos momentos de descanso e relaxamento após duras horas de trabalho consciente aparentemente inócuo, surgindo finalmente a iluminação súbita. A outra, o trabalho consciente, é a base sem a qual o trabalho inconsciente não seria possível.

Evidencia-se o importante papel do trabalho consciente para o acionamento do inconsciente na criação matemática, não se tratando essa criação, de certo, de um mero processo automático. Poincaré destacou a importância do trabalho consciente no sentido de que é ele que coloca em movimento esses elementos que, combinados, dão origem às soluções para os problemas, assim como, ao se movimentarem, os átomos se chocam, possibilitando a formação de moléculas. Por sua vez, emergem do inconsciente soluções selecionadas como úteis para o problema sobre o qual o indivíduo tanto se debruçou durante horas de trabalho consciente sem obtenção de resultados.

Os aspectos destacados por Poincaré acerca do trabalho consciente e inconsciente decorreram de uma reflexão a partir de suas próprias descobertas no campo da matemática ao estudar a teoria dos grupos *fuchsianos* e das funções *fuchsianas*.

Ele trabalhava nessa teoria com o intuito de provar que essas funções não existiam. Durante uma noite de insônia, após ter tomado muito café, as ideias lhe surgiram de forma desordenada, como um choque elétrico. Entretanto, dois *insights* se sobressaíram e formaram uma combinação estável (HADAMARD, 1963/2009; LUBART, 2007). A experiência vivenciada por Poincaré foi relatada da seguinte forma:

Parece que, nesses casos, a pessoa assiste a seu próprio trabalho inconsciente, que se tornou parcialmente perceptível à consciência estimulada e que, nem por isso, mudou de natureza. Percebe-se, então, vagamente o que distingue os dois mecanismos ou, se preferirem, os métodos de trabalho dos dois eus. (HADAMARD, 1963/2009, p. 29).

Os dois *insights* mostraram a Poincaré que existiam outros grupos *fuchsianos* e outras funções *fuchsianas*, e o matemático compreendeu, a partir dessa experiência, a necessidade de estudar casos mais gerais. Poincaré escreveu sobre os resultados obtidos a partir de sua ideia inicial, explorando propriedades aritméticas das funções *fuchsianas*. Ao fazer isso, pela primeira vez, ele percebeu seu processo criativo (HADAMARD, 1963/2009; LUBART, 2007).

A fim de compreender melhor esse processo, publicou, em 1902, no periódico francês *L'Enseignement Mathématique*, um extensivo questionário cujo objetivo era conhecer como os matemáticos da época percebiam o processo de criação em matemática e quais os fatores que contribuíam para esse processo. O título do questionário, traduzido para o português, é *Enquete sobre os métodos de trabalho dos matemáticos* (HADAMARD, 1963/2009, p. 159), e era composto por 30 itens que investigavam o processo criativo e os hábitos diários dos matemáticos que responderam ao instrumento. Entre os itens, destacamos alguns que tratam do processo criativo:

(1) Segundo suas lembranças, em que época e circunstâncias, você sentiu gosto pela matemática? O gosto pelas ciências matemáticas é hereditário em sua família? Entre seus antepassados, ou entre outros

membros de sua família (irmãos, irmãs, tios, primos etc.) há pessoas com dotes matemáticos especiais? O exemplo deles ou a influência pessoal tiveram algo a ver com a sua inclinação pela matemática?

(3) Você é mais atraído pelo interesse na ciência matemática em si ou pelas aplicações dessa ciência aos fenômenos da natureza?

(7) Qual é, a seu ver, a parte de acaso ou de inspiração nas descobertas matemáticas? Essa parte é tão grande quanto parece? (HADAMARD, 1963/2009, p. 159-160).

Para investigar os hábitos diários dos matemáticos, Poincaré formulou questões acerca de assuntos bem variados, dentre os quais destacamos os seguintes:

(22) Parece-lhe útil que o matemático observe certas regras particulares de higiene: regime, hora das refeições, intervalos a observar?

(23) Que duração quotidiana de sono lhe parece necessária?

(27) Prefere trabalhar de manhã ou à noite?

(28) Os períodos de férias, se você tem, são usados para trabalhos matemáticos (e em que proporções?) ou dedicados inteiramente à distração e ao descanso? (HADAMARD, 1963/2009, p. 162).

Acreditamos que os resultados obtidos com a aplicação desse questionário subsidiaram Poincaré em suas formulações que remetem ao campo da filosofia e da psicologia da matemática. Essas formulações podem ser acessadas em suas obras, especialmente nos livros *A ciência e a hipótese* e *O valor da ciência*.

Em *O valor da ciência*, Poincaré (1911/1995) diz que os matemáticos tenderiam a apresentar dois tipos de “espírito” distintos: uns são preocupados com a lógica, aos quais ele denominou de analistas, e outros guiados pela intuição, denominados por ele de geômetras. Ao se referir aos estudantes, o autor diz que estes também apresentam as mesmas diferenças: “uns preferem tratar seus problemas pela análise”, outros, “pela geometria”. Os primeiros são incapazes de “ver no espaço”, e “os outros prontamente se cansariam dos longos cálculos e neles se enredariam”

(p. 15). Todavia, Poincaré destaca que ambos os tipos de matemáticos são igualmente necessários ao progresso da ciência.

A intuição, segundo Poincaré, tem um papel de destaque no processo da invenção matemática. Inferimos que o autor tenha utilizado o termo invenção para designar o processo criativo em matemática. Para o autor, “a lógica inteiramente pura só nos levaria sempre a tautologias; não poderia criar coisas novas; não é dela sozinha que se pode originar qualquer ciência” (1911/1995, p. 18). Ao tratar da intuição, Poincaré diz que ela pode se manifestar de diferentes formas: como apelo aos sentidos e à imaginação; como generalização por indução, calcada nos procedimentos das ciências experimentais; ou conduzindo ao raciocínio matemático, como a intuição do número puro, que é um juízo sintético *a priori*. Alguns desses tipos de intuição não podem gerar certeza quanto aos seus resultados, porém, para muitas pessoas, ela não deixará dúvida quanto à origem de suas descobertas. Ressalta-se que, para Poincaré (1908/1996), as pessoas podem apresentar níveis de intuição diferentes.

A intuição da ordem matemática, que nos leva a adivinhar harmonias e relações escondidas, não pertence a todas as pessoas. Umas não terão nem esse sentimento delicado e difícil de definir, nem uma capacidade de memória e atenção acima do normal e serão assim totalmente incapazes de compreender uma matemática de um nível um pouco mais elevado; são a maioria. Outras terão esse sentimento não muito desenvolvido, mas possuirão uma memória pouco comum. Aprenderão os detalhes de memória, um a um; conseguirão compreender a matemática e, algumas vezes, aplicá-la. A situação de criação está, no entanto, fora do seu alcance. Outras, por fim, possuirão uma intuição especial, num grau mais elevado, então, não só serão capazes de entender a matemática, ainda que a sua memória não tenha nada de extraordinário, como poderão converter-se em criadores e conseguir inventar com maior ou menor êxito, conforme essa intuição está neles mais ou menos desenvolvida. (p. 7).

Sendo a intuição, na perspectiva de Poincaré, um elemento importante para o processo de criação, destacamos o que ele considera criação em matemática:

O que é, de fato, a criação matemática? Não consiste em fazer novas combinações com entes matemáticos já conhecidos. Qualquer um poderia fazer isso, mas as combinações que se conseguiriam obter assim seriam em número limitado e, na sua maioria, totalmente desprovidas de interesse. Criar consiste, precisamente, não em construir as combinações inúteis, mas as que são úteis e que estão em ínfima minoria. Criar é discernir, escolher. (1908/1996, p. 8).

O pensamento de Poincaré influenciou outros matemáticos e também psicólogos que se dedicaram a compreender o processo de criação em matemática. O matemático Jacques Hadamard foi um desses matemáticos que, de forma semelhante a Poincaré, também considerou dois tipos de habilidades matemáticas, uma referindo-se à capacidade de compreender as teorias da área e outra referente à capacidade de inventar novas teorias (HADAMARD, 1954).

Hadamard, em seu livro *The psychology of invention in the mathematical field* (1954), apresenta um modelo para descrever o processo criativo em matemática. Ele desenvolveu sua teoria ancorando-se no trabalho de Wallas (1926/1973), bem como em suas próprias experiências matemáticas e nas experiências de muitos dos seus contemporâneos. Depois de analisar os testemunhos de colegas, começou a notar elementos semelhantes nos processos mentais que eles indicaram, encontrando correspondência entre esses processos e os estágios da produção criativa descritos por Wallas, que são: preparação, incubação, iluminação e verificação. Hadamard preocupou-se em descrever esses estágios relacionando-os ao trabalho criativo em matemática. Segue a descrição de cada um destes estágios segundo as conclusões de Hadamard:

- a) **Preparação** – Para fazer uma descoberta nova, faz-se necessário que a pessoa tenha um corpo de conhecimento com que trabalhar, pois é improvável que

um indivíduo perceba aspectos significativos de um determinado conteúdo matemático sem algum conhecimento sobre ele. Para Hadamard, o processo criativo origina-se a partir de um estado equilibrado de prontidão. Ao comentar suas próprias experiências, ele provê exemplos de descobertas que realizou em função de um “olhar perspicaz” treinado em trabalhos com certa inconsistência ou inconclusos, mas que tratavam de questões que ainda não haviam sido notadas pela comunidade de matemáticos. Ressalta que o conhecimento associado a essa “perspicácia” propiciou a ele a descoberta da solução para problemas até então não resolvidos. Dessa maneira, a etapa de preparação tem grande importância para o próximo estágio do processo criativo, a incubação.

- b) **Incubação** – Esse estágio é um período de relaxamento temporário no qual o problema com o qual se está trabalhando é colocado à parte. Assim, o subconsciente faz conexões entre os diversos saberes que a pessoa possui, organizando-os de modo a favorecer o surgimento de uma nova ideia ou de uma nova abordagem para solucionar o problema. A esse estágio sucede o momento de iluminação.
- c) **Iluminação** – O terceiro estágio é aquele em que possíveis soluções para o problema que havia sido colocado à parte aparecem subitamente. Hadamard e Poincaré descrevem que esse entendimento repentino permite que o problema seja resolvido de forma “tranquilamente” dedutiva. Poincaré diz que as iluminações revelam “parentescos” insuspeitos entre fatos conhecidos que inicialmente pareciam ser estranhos entre si.
- d) **Verificação** – O processo de verificação é necessário para assegurar o rigor e a precisão das ideias que surgiram no momento da iluminação. Esse é também o estágio no qual a ideia é formatada para apresentação ao público, podendo esta ser uma comunicação escrita ou verbal.

Conforme foi abordado no capítulo 1, essa concepção continua a ser apresentada como base para a compreensão do processo de resolução criativa de problemas

(MORAIS, 2001; SRIRAMAN, 2004). Entretanto, várias críticas surgiram em relação a essa sequência de etapas como caracterização do processo criativo em matemática (MANN, 2006).

Além dos trabalhos de Poincaré e de Hadamard, outros estudos acerca das habilidades matemáticas merecem ser citados. Entre eles, os trabalhos no campo da psicologia de Krutetskii (1976), de Livne, Livne e Milgram (1999), e de Livne e Milgram (2000, 2006). Krutetskii destaca dois tipos de habilidades matemáticas: (a) habilidade criativa, que se refere à atividade no campo científico da matemática, levando a novos resultados ou à produção de conhecimentos que são significativos para a humanidade, constituindo produtos valiosos em termos sociais; e (b) habilidade escolar, que se refere à aprendizagem e à proficiência em matemática adquiridas em processos de formação escolar, em que há apropriação dos conhecimentos e dos procedimentos de forma rápida e bem sucedida.

Quanto à criatividade em matemática, Krutetskii, referindo-se ao contexto escolar, ressalta que este tipo de habilidade está relacionada a

independência na formulação de problemas matemáticos não complicados, por encontrar caminhos e métodos para resolver esses problemas, pela invenção de provas e teoremas, por fazer deduções independentes de fórmulas e por encontrar métodos originais de resolver problemas não padronizados. (1976, p. 68, tradução nossa).¹

Krutetskii destaca ainda que o processo criativo ou o talento em matemática envolvem aspectos cognitivos, emocionais e motivacionais (em outras palavras, atitude apropriada, inclinação, interesse e necessidade de realizar a atividade matemática). A conjunção desses aspectos pode favorecer o desenvolvimento de

¹ Versão original: “the independent formulation of uncomplicated mathematical problems, finding ways and means of solving these problems, the invention of proofs and theorems, the independent deductions of formulas, and finding original methods of solving nonstandard problems”. (KRUTETSKII, 1976, p. 68).

habilidades matemáticas tais como velocidade do processo mental, habilidades computacionais, memória para símbolos, números e fórmulas, habilidade em conceitos espaciais e habilidade para visualizar relações matemáticas abstratas e dependências.

Também no campo da psicologia, os trabalhos de Livne, Livne e Milgram (1999) e Livne e Milgram (2000, 2006) se dedicaram igualmente ao estudo das habilidades matemáticas. Em um de seus trabalhos, Livne e Milgram (2006) descreveram dois tipos de habilidades matemáticas, distinguindo entre 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, princípios e fundamentos matemáticos e capacidade de apresentar argumentos plausíveis por meio do raciocínio matemático. Esse tipo de habilidade é requerido em situações em que há um único caminho para se chegar à solução.

Já as habilidades criativas, segundo as autoras, se caracterizam pela percepção de padrões e relações, usando pensamento complexo e não algorítmico, e pela capacidade de apresentar pensamento original utilizando símbolos matemáticos. Esse tipo de pensamento resulta em mais de uma estratégia de resolução ou mais de uma resposta correta para um problema.

Ainda outras formas de compreender a criatividade em matemática foram propostas. Citamos como exemplo Aiken (1973), para quem esse tipo de criatividade deve ser compreendido sob duas perspectivas: uma relativa ao processo de produção matemática e outra relativa ao produto elaborado.

O primeiro aspecto, o processo cognitivo envolvido no fazer matemático, refere-se às qualidades do pensamento que o qualificam como criativo. Essas qualidades podem estar relacionadas com a facilidade e a liberdade para mudar de uma operação mental para outra ou, ainda, com a habilidade de analisar um problema sob diferentes pontos de vista, observando características específicas e identificando semelhanças e divergências entre os elementos envolvidos. Pode-se

ainda compreender esse primeiro aspecto, o aspecto que foca o processo criativo, como a utilização ou combinação de ideias, técnicas ou abordagens matemáticas de formas não usuais.

O segundo aspecto foca especificamente o produto, isto é, aquilo que é possível observar. Assim, pode-se considerar como elemento desse aspecto a habilidade de criar um produto original ou não usual como, por exemplo, novos métodos que podem ser aplicados (e apropriados) para a solução de problemas matemáticos. A criatividade sob seu aspecto de produto refere-se também à capacidade de elaborar questões numerosas, diferentes e apropriadas quando se apresentam situações matemáticas graficamente ou na forma de uma sequência de ações.

Outro modelo para descrever a criatividade em matemática foi proposto por Ervynck (1991), compreendendo três estágios do processo criativo. O primeiro estágio consiste na aplicação técnica ou prática de regras e fundamentos matemáticos sem que o indivíduo tenha uma fundamentação teórica consistente, constituindo-se em uma etapa preliminar do processo. O segundo estágio é o momento em que se executam atividades algorítmicas, que consistem na aplicação explícita de técnicas matemáticas por meio do uso repetido de algoritmos. O terceiro estágio refere-se à atividade criativa propriamente dita, considerada pelo autor como o momento em que a criatividade matemática efetivamente ocorre e que consiste na tomada de decisões sem o uso de algoritmos. Essas decisões podem ser de natureza divergente e sempre envolvem uma escolha.

Mais uma maneira de definir criatividade em matemática foi apresentada por Haylock (1987), que afirma que esta é reconhecida na formulação e resolução de problemas, na invenção de teoremas, na dedução de fórmulas e métodos originais para resolver problemas fora do padrão. Haylock (1997) ainda associa a criatividade em matemática a uma base sólida de conhecimentos e à capacidade de se libertar dos padrões estabelecidos para ver e aplicar esses conhecimentos em novos problemas.

Criatividade em matemática pode referir-se também, segundo Makiewicz (2004), à atividade de construção, modernização e complementação do sistema de

conhecimento por meio da percepção de regularidades, da sensibilidade a problemas, da formulação de hipóteses e da elaboração de justificativas para proposições. Esse tipo de criatividade envolve várias formas de atividade humana, que podem ser executadas com o uso das seguintes habilidades: senso de proporção e simetria, habilidade para usar símbolos, visão espacial, compreensão e uso de perspectivas e capacidade de análise, síntese e pensamento abstrato.

A produção criativa em matemática deve igualmente caracterizar-se pela abundância de ideias diferentes sobre um mesmo assunto (fluência), pela capacidade de alterar o pensamento ou conceber diferentes categorias de respostas (flexibilidade), pela apresentação de respostas infrequentes ou incomuns (originalidade) e por uma grande quantidade de detalhes em uma única ideia (elaboração). Assim, para estimular o desenvolvimento da criatividade, deve-se criar um ambiente que permita aos alunos apresentar fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração em seus trabalhos (ALENCAR, 1990). Ao favorecer o desenvolvimento dessas características do pensamento criativo, favorecemos também o desenvolvimento do pensamento divergente, cujo objetivo é encontrar o maior número possível de soluções para um problema. Essa capacidade é usada para gerar ideias e resolver algo criativamente.

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

Segundo Sriraman (2005), criatividade em matemática está relacionada com a capacidade de propor algoritmos incomuns, bem como a capacidade de encontrar várias respostas diferentes para um mesmo problema. De igual modo, James Fetterly (2010) defende que a criatividade matemática pode ser vista como a competência para invenção de algoritmos, estratégias e abordagens alternativas a um problema padrão.

Para Lee, Huang e Seo (2003) e também para Lev-Zamir e Leikin (2013), a base da criatividade em matemática pode ser definida como a capacidade cognitiva que enfatiza o pensamento divergente associado à resolução e formulação

de problemas, à invenção e à independência. Kattou, Kontoyianni, Pitta-Pantazi, Christou e Cleanthous (2013) sugeriram que a criatividade em matemática seria um subcomponente da habilidade matemática, em particular a competência para resolver problemas de raciocínio indutivo e dedutivo, bem como a capacidade de processar semelhanças e diferenças na matemática.

Pesquisadores como Haylock (1987), Leikin (2009) e Pitta-Pantazi, Sophocleous e Christou (2013) constataram essa pluralidade de concepções e a falta de uma definição unânime e precisa da criatividade, apesar da presença de aspectos comuns em diversas das definições propostas. Isso dificulta os esforços para a investigação e pesquisa do tema, mas, por outro lado, proporciona um vasto campo de trabalho.

Um conceito que considera as características presentes na literatura sobre criatividade e criatividade no campo da matemática foi apresentado por Gontijo (2007) com o intuito de sumarizar aspectos levantados por diversas formulações acerca desse fenômeno. A definição proposta por Gontijo nos permite visualizar como organizar o espaço escolar de modo que os alunos desenvolvam a criatividade matemática e o professor possa avaliá-la. Assim, o autor descreve criatividade em matemática como

[a] capacidade de apresentar inúmeras possibilidades de solução 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 sequência de ações. (GONTIJO, 2007, p. 37).

Apesar de, nos últimos 40 anos, os estudos sobre criatividade no campo da matemática não terem recebido muita atenção, como destaca Linda Sheffield (2013), verificamos várias produções no tema em diversos países do mundo. Nos Estados Unidos, destacamos os trabalhos de Sriraman (2004, 2009), Mann (2005, 2009),

Bahar e Marker (2011) e Fetterly (2010). Sriraman (2004, 2009) desenvolveu, por meio de entrevistas, um estudo qualitativo para investigar o processo criativo de cinco matemáticos nos Estados Unidos. Os resultados demonstraram que o processo de criação dos matemáticos seguiu o modelo de quatro estágios (preparação, incubação, iluminação e verificação). O estudo verificou também que a interação social, as imagens, a heurística, a intuição e a demonstração são aspectos presentes na criatividade em matemática.

A relação entre o desempenho criativo e o domínio em matemática foi investigada por Bahar e Marker (2011) a partir de uma amostra constituída de 78 alunos da quarta série do ensino fundamental, em sua maioria índios Navajo, em quatro escolas de baixa renda no sudoeste dos Estados Unidos. Foi realizado um teste para medir índices de criatividade matemática dos alunos. Foram avaliados itens como fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração, bem como a criatividade total em matemática. Os resultados indicaram correlações entre todos os índices de criatividade em matemática e o domínio da disciplina.

Utilizando instrumentos existentes na literatura específica da área para obter indicadores do potencial criativo em matemática, Mann (2005, 2009) investigou a criatividade em matemática em 89 alunos da sétima série em Connecticut (EUA). Os resultados indicaram que a criatividade em matemática é explicada pelas seguintes variáveis: satisfação do aluno com a matemática, suas atitudes em relação à matemática e a autopercepção de sua própria capacidade criativa. No entanto, foram levantados questionamentos a respeito das limitações dos instrumentos utilizados para essa medição. Apesar disso, o autor destaca que proporcionar experiências de resolução de problemas matemáticos ricos e adaptados ao estilo de desenvolvimento de cada estudante pode ser uma maneira significativa de desenvolver o talento matemático criativo em todos os alunos.

A noção de criatividade matemática e sua relação com crenças epistemológicas dos professores e com a ansiedade gerada nos alunos pela natureza da matemática foram investigadas por Fetterly (2010). Os participantes do estudo foram avaliados

por meio de instrumentos quantitativos e os resultados sugerem que a criatividade matemática pode ser incentivada e apoiada. Além disso, as crenças e a ansiedade são significativamente impactadas pelas experiências com criatividade em matemática quando são realizadas atividades que permitam o uso de algoritmos alternativos, pensamento divergente, estratégias inventadas e problematização.

Na Coreia destacamos as pesquisas de Lee, Huang e Seo (2003) e de Kwon, Park e Park (2006). Lee, Huang e Seo (2003) desenvolveram um teste de resolução criativa de problemas em matemática para alunos com altas habilidades (talentosos) e para alunos regulares a partir de elementos do pensamento divergente: fluência, flexibilidade e originalidade. O teste foi validado por uma amostra de 462 estudantes, tornando-se uma ferramenta útil para o desenvolvimento de habilidades na resolução criativa de problemas matemáticos e para o favorecimento do pensamento divergente, bem como para melhorar o interesse pela matemática.

Para investigar os efeitos e a aplicabilidade de um programa para ajudar a cultivar o pensamento divergente em matemática com base em problemas abertos, Kwon, Park e Park (2006) conduziram um estudo com 398 alunos da sétima série de escolas em Seul, na Coreia. Partiram do pressuposto de que uma abordagem aberta no ensino da matemática poderia fornecer um ambiente propício à exploração das perspectivas e possibilidades, aumentando assim a criatividade em matemática.

Para mostrar os efeitos do programa, realizaram 20 sessões de aplicação de um pré-teste e um pós-teste em ambos os grupos, de tratamento e de controle. Nos resultados, os participantes do grupo de tratamento obtiveram escore médio significativamente maior no pós-teste em comparação com o outro grupo. Os resultados indicaram que os alunos do grupo de tratamento tiveram melhor desempenho em cada um dos componentes das habilidades do pensamento divergente (fluência, flexibilidade e originalidade). Isso implica que o programa teve um efeito positivo no cultivo das habilidades de pensamento divergente para o desenvolvimento da criatividade matemática.

Outro trabalho, desenvolvido por Bolden, Harries e Newton (2009) no Reino Unido, teve como objetivo documentar as concepções de criatividade em matemática de estudantes de licenciatura na área. Os pesquisadores aplicaram um questionário para identificar essas concepções no início do curso, e mais tarde esses dados foram completados por entrevistas semiestruturadas. A análise das respostas obtidas revelou que a concepção de criatividade em matemática que os estudantes têm está associada ao uso de recursos e tecnologias, bem como à ideia de ensinar criativamente em vez de ensinar para o desenvolvimento da criatividade. Os resultados indicaram, ainda, dificuldades dos futuros professores em identificar formas de incentivar e avaliar a criatividade em sala de aula.

Em Israel diversos trabalhos também focalizaram a criatividade em matemática. Entre esses trabalhos, destacamos os estudos de Leikin (2007) e Levav-Waynberg e Leikin (2012). Leikin (2007) discute as múltiplas formas de resolução de problemas como uma propriedade dinâmica da mente humana que contribui para o desenvolvimento e diagnóstico do pensamento matemático avançado. Afirma ainda que o potencial criativo de uma criança pode ser desenvolvido e incentivado. A autora destaca que, no processo de solução de um problema matemático, os indivíduos são influenciados por suas experiências e por sua memória assim como são afetados pelas exigências matemáticas específicas do contexto do problema considerado. A fim de favorecer o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas, a autora aponta a importância de expor os estudantes a formas convencionais e não convencionais de solução, de modo que possam perceber a diversidade de situações possíveis e, com isso, ampliar a sua capacidade de resolução.

As mudanças no conhecimento geométrico dos alunos e em sua criatividade associadas à implantação do programa Tarefas de Múltiplas Soluções (MST) em cursos de geometria escolar foram investigadas por Levav-Waynberg e Leikin (2012). Trezentos e três estudantes de 14 classes de geometria participaram do estudo, dos quais 229 alunos de 11 classes participaram do grupo experimental, enquanto o restante não foi submetido a nenhuma intervenção especial. O estudo comparou

o desenvolvimento do conhecimento e da criatividade nos grupos experimental e de controle por meio de testes escritos aplicados aos alunos. O conhecimento de geometria foi medido pela correção e conectividade das soluções apresentadas a partir dos critérios de fluência, flexibilidade e originalidade. Os resultados mostraram um incremento nos alunos que participaram do programa MST em fluência e flexibilidade, evidenciando que a abordagem de múltiplas soluções proporciona maior oportunidade para os estudantes desenvolverem seu potencial criativo e melhorarem seu desempenho do que as abordagens convencionais de ensino.

Na China, o trabalho de Chang (2013) investigou a relação entre ludicidade e criatividade em matemática. Participaram da pesquisa 321 estudantes do ensino fundamental com altas habilidades em matemática e ciências na cidade de Taiwan. Dois instrumentos de coleta de dados foram utilizados: (1) Escala de Ludicidade Pessoal, que avalia apreciação do processo, prazer na elaboração e resolução de problemas, relaxamento a serviço da livre expressão, humor e felicidade com experiências agradáveis, prazer e interesse e perseverança; e (2) Teste Williams de Criatividade, que avalia ousadia, curiosidade, imaginação e capacidade de lidar com desafios. Os resultados revelaram que a ludicidade e a criatividade dos alunos superdotados em matemática e ciências são correlacionadas e o nível de ludicidade de alunos superdotados é capaz de prever sua criatividade.

Um estudo foi desenvolvido com professores do Chipre, Índia, Israel, Letônia, México e Romênia pelos pesquisadores Leikin, Subotnik, Pitta-Pantazi, Singer e Pelczer (2013), com o objetivo de obter uma compreensão cultural dos aspectos da criatividade associados ao ensino secundário de matemática.

Participaram do estudo cerca de 1100 professores, que responderam a um questionário de 100 itens abordando as concepções dos professores sobre: a) quem é o aluno criativo em matemática; b) quem é o professor criativo em matemática; c) a relação entre a criatividade em matemática e a cultura e d) quem é a pessoa criativa. Foram apresentadas as diferenças nas concepções dos professores dos diferentes países e as relações entre as concepções de criatividade e suas experiências

como professores. Com base na análise dos dados, concluiu-se que todos os participantes reconhecem a importância da criatividade em matemática e que uma abordagem criativa no ensino da matemática desenvolve a criatividade dos alunos.

No Brasil, temos os estudos de Vasconcelos (2002), Gontijo (2007), Pereira (2008), Otaviano (2009), Farias (2015), Carvalho (2015) e Fonseca (2015). O estudo conduzido por Gontijo (2007) investigou a relação entre criatividade, motivação em matemática e criatividade em matemática em uma amostra de 100 alunos da 3ª série do ensino médio de uma escola da rede particular de ensino no Distrito Federal. Para alcançar os objetivos propostos, foram desenvolvidos uma escala de motivação em matemática e um teste de criatividade em matemática. Além disso, o autor utilizou o Teste Torrance de Pensamento Criativo (TTPC). Os resultados apontaram que existe uma correlação positiva entre criatividade e criatividade em matemática e entre motivação e criatividade em matemática.

A percepção de 396 alunos de escolas públicas e particulares de ensino médio quanto ao estímulo à criatividade por seus professores e à sua motivação em matemática foi explorada nos estudos de Otaviano (2009). Os resultados indicaram uma percepção significativamente mais positiva quanto aos estímulos à criatividade nas escolas particulares em comparação com as instituições públicas de ensino. Ficou evidente, ainda, que há também diferenças significativas na motivação em matemática a favor dos alunos das escolas particulares.

Em outro estudo, Vasconcelos (2002) avaliou a criatividade matemática e o desempenho de 63 alunos da 8ª série do ensino fundamental no que diz respeito à resolução de problemas heurísticos. Os resultados apontaram que estratégias e habilidades utilizadas pelos alunos são frutos de um complexo conjunto de variáveis que constitui a história da aprendizagem de matemática desses alunos. Além disso, a criatividade em matemática mostrou-se presente, em maior ou menor grau, em todos os alunos da pesquisa.

Já Pereira (2008) desenvolveu um estudo com o objetivo de investigar a criatividade em aplicações de modelagem matemática. Foram analisadas algumas dissertações de mestrado em que se utilizou a modelagem matemática como meto-

dologia de ensino. Os resultados indicaram que a liberdade de ação dos estudantes e a tarefa na perspectiva heurística são fundamentais para o desenvolvimento da criatividade em sala de aula em uma atividade de modelagem matemática.

Identificou-se também a postura do professor durante o desenvolvimento desse tipo de atividade, incentivando, proporcionando liberdade para propor ideias, enfrentando situações novas, trabalhando com temas de interesse do grupo, favorecendo o debate e a discussão dos temas em investigação, oferecendo aos estudantes um olhar múltiplo para situações-problema. Ademais, constatou-se que as atividades de modelagem matemática favorecem o desenvolvimento da criatividade quando proporcionam interação entre os estudantes, estimulando a colaboração mútua.

A apresentação de um modelo preditivo da criatividade em matemática baseado na percepção de alunos do ensino médio acerca das práticas docentes para o desenvolvimento da criatividade, em suas motivações para aprender e em seu rendimento escolar em matemática foi o objetivo dos estudos desenvolvidos por Farias (2015), com uma amostra constituída por 87 alunos de ensino médio. Os resultados permitiram a construção de um modelo estatisticamente significativo explicando uma proporção média de variabilidade associando a criatividade em matemática à motivação intrínseca, ao rendimento escolar nessa disciplina e à percepção dos alunos acerca da avaliação e das metodologias de ensino utilizadas pelo professor.

Carvalho (2015), por sua vez, propôs uma investigação das relações entre a percepção de 156 alunos do 5º ano do ensino fundamental de quão propício para o exercício da criatividade é o ambiente das aulas de matemática, o desempenho desses alunos na disciplina e os resultados de um teste de criatividade em matemática. Os resultados da pesquisa reafirmam a importância do desenvolvimento integral das habilidades matemáticas, sendo a escola um importante espaço de desenvolvimento tanto das habilidades básicas em matemática quanto das habilidades criativas nessa área.

A pesquisa desenvolvida por Fonseca (2015) teve por objetivo a construção e validação de instrumentos para medir a criatividade matemática de estudantes do

último ano do ensino médio brasileiro. Foram construídos dois instrumentos, denominados Versão A e Versão B, que possuem isomorfismo em termos de dificuldade e estrutura. Cada versão é composta por cinco itens abertos para os quais os estudantes devem gerar tantas soluções diferentes quanto conseguirem em determinado tempo. As respostas aos itens dos testes foram analisadas observando três elementos do pensamento criativo: fluência, flexibilidade e originalidade de pensamento. Pode-se apurar os escores para cada um desses elementos, assim como calcular o escore total de criatividade em matemática. As duas versões foram validadas a partir de três fases: a) análise de juízes, b) revisão por pares; e c) análise de consistência interna. Ressalta-se que o teste apresentou um coeficiente de confiabilidade – o alfa de Cronbach – igual a 0,784 para a versão A e 0,771 para a versão B. Destaca-se que os instrumentos construídos podem ser utilizados isoladamente, em investigações específicas, bem como podem ser utilizados como pré e pós-testes em pesquisas que envolvem investigar o desenvolvimento de criatividade no campo da matemática a partir de intervenções/formações pedagógicas.

Por meio da breve exposição das pesquisas destacadas neste capítulo, procuramos dar visibilidade a alguns aspectos que têm motivado os pesquisadores a explorar a temática da criatividade em matemática. Impulsionados pela comprovada importância dessa habilidade, outros estudos foram desenvolvidos com vistas a indicar estratégias que possibilitem seu desenvolvimento. Abordaremos essas estratégias no próximo capítulo.

CAPÍTULO 3

Estratégias para o desenvolvimento da criatividade em matemática

Há algumas décadas autores como Alencar e Fleith (2003a), De Bono (1994) e Parnes (1977) vêm apresentando uma série de técnicas, exercícios, programas e estratégias para o estímulo da criatividade nas mais variadas áreas de atuação humana. A título de exemplo, podemos citar: *brainstorming*, lista de atributos, pensamento metafórico, modelagem, dramatização e desenho, desafio criativo, dentre outros. Muitas dessas técnicas, a princípio formuladas para o treinamento empresarial e para o desenvolvimento de habilidades na área da publicidade, passaram a ser utilizadas também na área da educação.

Neste capítulo, nos concentramos em abordar a criatividade no contexto escolar, elencando estratégias que podem ser utilizadas para promover a organização do trabalho pedagógico de maneira que propicie ações voltadas para o desenvolvimento de habilidades criativas no ensino e na aprendizagem, sobretudo em relação à matemática. Conforme Gontijo, Silva e Carvalho (2012, p. 40), “para que a produção matemática do aluno possa consolidar-se em aprendizagem e expressar a sua criatividade, faz-se necessário que o trabalho pedagógico desenvolvido nas escolas estimule os alunos”. Assim, para uma posição reflexiva diante do tema estudado aqui, aspectos do trabalho pedagógico como o currículo, a avaliação, o contrato didático e o ambiente da sala de aula precisam ser repensados de modo a ser contextualizados frente às possibilidades de desenvolvimento da criatividade no espaço escolar.

Dentre tais aspectos, acreditamos que a discussão sobre o contrato didático pode colaborar para uma abordagem aprofundada da construção de ações mais efetivas para o desenvolvimento do conhecimento e da criatividade. Gontijo, Silva e Carvalho

(2012) consideram que a produção criativa do aluno será fortemente influenciada pelas cláusulas explícitas e implícitas do contrato didático. Nesse sentido, o contrato didático acaba englobando um conjunto amplo de componentes da organização escolar.

Nas relações estabelecidas em sala de aula, o professor e o aluno desempenham papéis relativamente definidos que determinam os deveres que se espera que cada um cumpra. Caso algum desses indivíduos burle as regras estabelecidas, conflitos são gerados e alguma atitude será tomada em busca de se restabelecer o equilíbrio das relações, seja impondo o cumprimento dessas regras ou reformulando as normas rompidas. No início da década de 1980, Brousseau (1983) chamou essas regras estabelecidas em sala de aula de contrato didático. Para Brousseau, um contrato didático é caracterizado pelo conjunto de comportamentos do professor que é esperado pelos alunos e o conjunto de comportamentos dos alunos que é esperado pelo professor. Pais (2011, p. 77) considera que “no nível da sala de aula, o contrato didático diz respeito às obrigações mais imediatas e recíprocas que se estabelecem entre o professor e alunos”. Conforme Brousseau (1986), tais obrigações nem sempre são determinadas de forma explícita, mas ocorrem sobretudo de forma implícita.

Brousseau (1986) apresentou exemplos de contratos didáticos possíveis evidenciando maneiras distintas de se conduzir a prática educativa escolar e valorizar o saber matemático em sala de aula. No primeiro exemplo, o professor mantém o monopólio do conhecimento, tendo o aluno pouca participação na escolha dos conteúdos. O conteúdo é apresentado por meio de uma sequência linear de axiomas, definições, teoremas, demonstrações e exercícios. O professor deve ser suficientemente claro e os alunos precisam prestar bastante atenção, pois considera-se que o aprendiz não sabe nada a respeito dos conteúdos que serão ensinados.

No segundo exemplo de contrato didático apontado por Brousseau, o professor possui um papel secundário na aprendizagem do aluno. “A ideia central é que o aluno é quem efetivamente deve aprender e não é o professor quem tem o poder de transmitir conhecimentos” (PAIS, 2011, p. 84). É dada uma ênfase não diretiva ao

processo de aprendizagem em que o saber cotidiano se sobressai ao saber escolar, o que acaba inibindo a sistematização dos saberes aprendidos na escola.

Na terceira forma de contrato didático exemplificada por Brousseau, o papel do professor torna-se importante por buscar intervir na relação do aluno com o saber matemático, considerando-se a dupla dimensão da atividade de aprendizagem: a dimensão individual e a dimensão social. O professor não é mais a fonte de conhecimento, mas não deixa de acompanhar o processo de aprendizagem do aluno. Assim, “é o professor que planeja as situações didáticas, mas isso é feito através de uma permanente vigilância entre ação e reflexão” (PAIS, 2011, p. 85). Isso significa que o professor escolhe situações desafiadoras adequadas à realidade e ao nível intelectual dos alunos, e os conceitos matemáticos são elaborados ativamente pelo aluno por meio da resolução de problemas.

Tendo em vista o fato de que formas diversas de contrato didático podem ser instituídas nas salas de aula de matemática, emerge a necessidade do reconhecimento de formas de contratos didáticos mais favoráveis ao desenvolvimento do potencial criativo dos alunos. Assim sendo, buscamos explorar a seguir aspectos presentes na literatura sobre educação matemática e criatividade em matemática que podem contribuir para a formulação de um contrato didático que favoreça o desenvolvimento da criatividade nas aulas de matemática.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1997), apesar de não tratarem da criatividade em matemática de forma explícita, demonstram afinidade com aquilo que a literatura da área vem apresentando como propício ao desenvolvimento do potencial criativo dos alunos. Assim, os PCN enfatizam que:

É importante atentar para o fato de que as interações que ocorrem na sala de aula – entre professor e aluno ou entre alunos – devem ser regulamentadas por um “contrato didático” no qual, para cada uma das partes, sejam explicitados claramente seu papel e suas responsabilidades diante do outro. (BRASIL, 1997, p. 31).

Assim, ao falarmos de estratégias para o desenvolvimento da criatividade nas aulas de matemática, estamos lidando com ações do professor no sentido de organizar o espaço de aprendizagem, oferecendo condições suficientes para que o potencial criativo dos alunos seja desenvolvido. Referimo-nos, portanto, ao trabalho pedagógico orientado para formas de ensino que priorizem a expressão da criatividade por meio da reestruturação dos objetivos, metodologias e formas de avaliação do ensino, da reorganização das estruturas físicas e psicológicas constituintes dos espaços escolares, da reconstrução das relações constituídas e, conseqüentemente, da reestruturação dos fatores que constituem o clima psicológico no qual as aulas se desenvolvem.

Sob essa lógica, percebe-se a necessidade de novas formas de contrato didático em que seja possível a instalação de um clima propício ao desenvolvimento das potencialidades criativas. Esse novo contrato precisa priorizar atividades matemáticas nas quais o aluno tenha oportunidade de buscar várias soluções para uma situação-problema, explorando formas diversas e incomuns de resolver e elaborar problemas ou redefinir elementos matemáticos (HASHIMOTO, 1997; GONTIJO, 2007).

Almouloud (2007) destaca que os problemas de matemática apresentam em seus enunciados somente os dados necessários para sua solução, que consiste em uma única resposta alcançada pelo uso de operações matemáticas, e que tal procedimento passa a constituir uma das regras do contrato didático. Automatiza-se, assim, o comportamento dos alunos diante dos problemas matemáticos: procuram os números no enunciado para realizar alguma operação matemática e encontrar a resposta esperada pelo professor. Segundo o autor, o aluno geralmente não tem contato com problemas sem solução ou que admitem mais de uma solução, ou ainda que possuem excesso de dados ou que não podem ser resolvidos com uma operação matemática. Caso o professor rompa com esse contrato didático e apresente esses tipos de problemas, o aluno provavelmente cometerá erros ou não saberá como resolver os problemas. Nesse sentido, Kandemir e Gür (2007) afirmam que o pensamento criativo pode ser melhorado com criatividade e com o uso de técnicas de resolução de problemas criativos que envolvam questões abertas e desafiadoras.

Alguns autores, como Mann (2005) e Harpen e Sriraman (2013), evidenciam o fato de que o desenvolvimento da criatividade não é um dos objetivos perseguidos nas aulas de matemática. Frequentemente, o professor apresenta problemas escolhidos de livros didáticos em que, além de serem utilizadas situações muito distantes da vida cotidiana dos estudantes, prioriza-se o pensamento convergente com questões do tipo resposta fechada e que ademais, segundo Vasconcelos (2002), são quase sempre do mesmo tipo e podem ser resolvidos “conforme o modelo”.

Outro fator que pode dificultar o desenvolvimento da criatividade refere-se ao tempo limitado destinado pelo professor para a solução de tais problemas. O autor revela que, “naturalmente, isso não proporciona o desenvolvimento do raciocínio dos alunos e contribui para que os estudantes criem atitudes negativas em relação à matemática” (VASCONCELOS, 2002, p. 27). Restam poucas oportunidades para o aluno formular possibilidades e alternativas, construir processos originais e apresentar soluções criativas, e as aulas vão se tornando cada vez menos prazerosas e estimulantes, assim como conclui Mann (2005, p. 2) em um de seus estudos:

A limitação do uso de criatividade na sala de aula de matemática a reduz a um conjunto de habilidades para dominar e memorizar regras. Isso faz com que a curiosidade natural de muitas crianças e entusiasmo para matemática desapareça à medida que envelhecem... Manter os alunos interessados e envolvidos em matemática, reconhecendo e valorizando a sua criatividade matemática, pode inverter esta tendência.

Na dinâmica de sala de aula, o processo de ensino-aprendizagem que tenha o desenvolvimento do potencial criativo como um dos seus objetivos precisa questionar as atitudes mecanizadas em relação ao conhecimento matemático. Além disso, é importante reformular o tempo e os espaços escolares nos quais a aprendizagem se dá, possibilitando reinventar os papéis atribuídos ao professor e ao aluno.

Dessa maneira, um ponto de partida pode ser o questionamento das atividades propostas em sala de aula, sendo importante rever os tipos de situações matemáticas com base nas quais os alunos desenvolvem o conhecimento matemático.

Essas situações matemáticas precisam, preferencialmente, ser de natureza variada, de modo que o aluno possa demonstrar seu conhecimento e capacidades em matemática não apenas por meio da operação de algoritmos, mas também por meio de textos, gráficos ou ações multimidiáticas (MUNIZ, 2009a). Ou seja, o aluno recorre a diferentes formas de expressão ao produzir: corporal, gestual, manipulativa, gráfica, pictórica, simbólica, escrita ou não.

Nesse sentido, Muniz (2009b) salienta que, sob o contrato didático convencional, ao apresentar suas produções para o professor, o aluno evita demonstrar conceitos espontâneos, algoritmos alternativos e registros pictóricos. Essas elaborações são normalmente encontradas “na carteira, no rascunho, na palma da mão, nas últimas páginas do caderno, na contracapa do livro...” (p. 137), mas raramente são apresentadas em atividades ou avaliações entregues ao professor. Segundo o autor, isso ocorre porque tais produções não são valorizadas e tampouco institucionalizadas pela escola, que as considera marginais, erradas, uma forma de trapaça.

Um modo de reorientar o trabalho pedagógico envolve, em contrapartida, a ressignificação e ampliação daquilo que o professor entende como espaço de aprendizagem matemática. Assim, a quadra de esportes, os corredores, o jardim, a biblioteca, a horta constituem espaços propícios para as inúmeras possibilidades de ação matemática, o que pode favorecer o surgimento da liberdade necessária para o desenvolvimento do potencial criativo.

Nessa busca por contratos didáticos mais dinâmicos e lúdicos nas aulas, a modelagem matemática apresenta-se como uma alternativa bastante propícia ao desenvolvimento da criatividade (PEREIRA, 2008). Características inerentes a esse tipo de metodologia, como a liberdade de ação dos estudantes e a perspectiva heurística, são fundamentais para possibilitar o desenvolvimento da criatividade

em sala de aula. Ainda, a modelagem matemática desperta maior interesse pela disciplina devido ao fato de que aborda situações da realidade dos estudantes. Segundo Pereira (2008), esse maior interesse pode proporcionar o desenvolvimento de habilidades relacionadas à criatividade em matemática.

Quanto às estratégias utilizadas para o desenvolvimento da criatividade em matemática, observa-se a preponderância de três aspectos: a resolução, a elaboração e a redefinição de problemas (HAYLOCK, 1997; HASHIMOTO, 1997; GONTIJO, 2007; KATTOU et al., 2013; CARVALHO, 2015). Desse modo, abordaremos as seguintes estratégias para desenvolver a criatividade em matemática: a resolução de problemas abertos, a elaboração de problemas e a redefinição de elementos matemáticos.

Resolução de problemas abertos

Na escola atual, as atividades matemáticas a que os alunos têm acesso costumam ser hegemonicamente organizadas por meio da resolução de problemas sem um significado na vida (MUNIZ, 2009a), compondo situações totalmente estranhas aos alunos e que, portanto, se convertem em estratégias de ensino que pouco lhes desperta o interesse. Schoenfeld (2013, p. 13) destaca que “na maioria das resoluções de problemas do mundo real, as tarefas surgem na prática e têm uma história ou contexto de algum tipo”. Sendo assim, na escola, os alunos não estão resolvendo problemas que surgiram em seu cotidiano, mas que são escolhidos de forma artificial pelo professor para ser resolvidos em um tempo limitado.

É preciso lembrar, ainda, que muitos problemas da vida real não podem ser resolvidos por meio de algoritmos ou fórmulas tradicionais, e nesses casos, se os procedimentos convencionais não são suficientes para fornecer uma solução, então há a necessidade de se usar o pensamento criativo. Para De Bono (1993, p. 69), “mesmo quando a abordagem padrão pode prover uma solução, vale a pena experimentar o pensamento criativo para descobrir uma solução ainda melhor”.

Diante disso, torna-se fundamental a introdução de problemas abertos no espaço escolar como alternativa para o desenvolvimento da criatividade, proporcionando oportunidades para que os alunos solucionem, elaborem e redefinam os problemas que lhes são colocados. Lee, Hwang e Seo (2003) afirmam que, para um problema ser considerado aberto, a situação de partida e a meta a ser atingida devem ser abertas, abarcando situações da vida real, variações, projetos e levantamento de possíveis dificuldades. Ou seja, as questões apresentadas devem possibilitar situações de partida que estimulem os alunos a chegar a inúmeras respostas ou a elaborar outros problemas a partir da situação inicial apresentada, deixando “espaço para o pensamento criativo” (p. 165).

Os problemas abertos, ao contrário dos fechados, que apresentam soluções únicas, oferecem ao seu solucionador a chance de aventurar-se no mundo da imaginação na medida em que o indivíduo sabe não estar preso a processos e a resultados pré-determinados. Assim, o solucionador tem a oportunidade de chegar a uma gama de soluções por meio do pensamento divergente, algumas corretas, outras equivocadas, algumas bem elaboradas, outras em processo de estruturação, algumas tidas como válidas, outras não aceitas, e entre todas essas uma quantidade menor de respostas originais, tal como ocorre no processo de solução de problemas na vida real. Vasconcelos (2002, p. 13) afirma que “no pensamento divergente a busca da resposta ocorre com o objetivo de resolver o problema, quando este ainda não foi resolvido e não existem padrões pré-determinados para solucioná-lo. O pensamento divergente tende a uma variedade de respostas originais”.

Nota-se ainda que, na resolução de problemas abertos, poucas vezes o aluno deixa questões sem resposta, o que não costuma ocorrer com problemas fechados. Nesse processo de sentir-se livre para conjecturar, o solucionador toma consciência de seu potencial criativo, uma vez que não precisa perseguir os processos e a solução esperada pelo professor, mas pode buscar, por conta própria, encontrar uma ampla gama de soluções admissíveis, o que pode favorecer o surgimento de produtos qualitativamente válidos.

Os PCN apresentam a resolução de problemas como um dos “caminhos para ‘fazer matemática’ na sala de aula” (BRASIL, 1997, p. 32), ao lado de outros recursos como a história da matemática, a tecnologia da informação e os jogos. O documento salienta que a matemática foi construída como resposta a perguntas motivadas por problemas de ordem prática (divisão de terras, cálculo de créditos), por problemas vinculados a outras ciências (Física, Astronomia), bem como por problemas relacionados a investigações internas à própria matemática. No entanto, de acordo com os PCN, tradicionalmente, os problemas não têm desempenhado seu verdadeiro papel no ensino da disciplina, pois são utilizados apenas como forma de aplicação de conhecimentos adquiridos anteriormente pelos alunos, na melhor das hipóteses. Logo, resolver um problema não se resume a compreender o que foi proposto e dar respostas aplicando procedimentos adequados, mas sim envolver-se em uma atividade na qual seja tomado em consideração que:

O fato de o aluno ser estimulado a questionar sua própria resposta, a questionar o problema, a transformar um dado problema numa fonte de novos problemas, evidencia uma concepção de ensino e aprendizagem não pela mera reprodução de conhecimentos, mas pela via da ação refletida que constrói conhecimentos. (BRASIL, 1997, p. 33).

Segundo Gontijo (2006), os problemas não podem se caracterizar como aplicação direta de algum algoritmo ou fórmula que o aluno precisa buscar em sua memória se o que se deseja é motivar o aluno a despertar sua criatividade. Ao contrário, os problemas precisam envolver invenção e/ou criação de alguma estratégia particular de resolução. O autor ressalta então que, “para o desenvolvimento da criatividade em matemática, deve-se privilegiar o trabalho com problemas abertos” (p. 236), pois é na resolução de problemas abertos que os estudantes tornam-se responsáveis pelas tomadas de decisão, não mais confiando essa responsabilidade ao professor ou às regras e modelos apresentados nos livros didáticos. Segundo Gontijo,

a resolução de problemas é considerada como uma tentativa de resolver questões não estruturadas para as quais não se tem uma técnica específica, buscando descobrir um caminho que possa levar de uma situação a outra por meio de uma série de operações mentais (2007, p. 57).

Com relação ao desenvolvimento do potencial criativo, os problemas devem admitir inúmeras respostas, oferecendo condições para que o aluno possa utilizar seus conhecimentos matemáticos para produzi-las e, se possível, apresentando algumas respostas originais, dando abertura para o surgimento do pensamento divergente, como afirma Haylock (1997). Esse autor elenca os critérios para que uma tarefa possibilite uma boa produção divergente. Assim, um problema ideal para desenvolver a criatividade em matemática deve satisfazer os seguintes critérios:

- a) Mostrar que foi utilizada uma gama de ideias matemáticas.
- b) Admitir pelo menos 20 respostas apropriadas.
- c) Mostrar uma interpretação uniforme das instruções da tarefa.
- d) Possibilitar a manifestação de várias respostas óbvias que podem ser obtidas pela maioria dos alunos.
- e) Possuir um número de respostas adequadas que são obtidas por relativamente poucos alunos.
- f) Permitir a produção de respostas originais com um grau de validade aparente e que não sejam matematicamente triviais para indicar a capacidade criativa em matemática.

A seguir, apresentamos alguns exemplos de problemas abertos que podem ser utilizados em sala de aula para estimular a criatividade dos alunos. São problemas que se caracterizam pela possibilidade de múltiplas soluções e que implicam, de certa forma, variados caminhos para se chegar a tais soluções.

Exemplo 1

Um retângulo tem uma área de 120 cm^2 . Sabendo que seu comprimento e sua largura são números inteiros, responda:

- a) Quais são as possíveis medidas do comprimento e da largura do retângulo?
- b) Qual a possibilidade que resulta no menor perímetro?

Exemplo 2

Mariana tirou uma foto $3 \times 4 \text{ cm}$ para a carteirinha da escola. A foto ficou muito boa e ela pretende quadruplicar a área da foto. Quais as dimensões dessa nova foto? É possível mais de uma resposta correta.

Vê-se que nesses problemas o aluno tem a possibilidade de pensar em soluções diferentes para um único problema, mesmo que haja um número limitado de respostas possíveis. Para tanto, um repertório mínimo de conhecimentos matemáticos precisa estar bem definido no momento da resolução do problema, como, por exemplo, os conceitos de retângulo, de área e de perímetro e noções aritméticas de adição e multiplicação. Sem tais conhecimentos, o respondente, por mais que tenha um bom pensamento especulativo e uma boa habilidade de pensamento divergente, não terá condições de apresentar soluções válidas para a questão.

Elaboração de problemas

Harpen e Sriraman (2013) afirmam que existem vários termos diferentes para se referir à elaboração de problemas: detecção de problema, formulação de problema, descoberta criativa de problema e problematização. No entanto, Cruz Ramírez (2006) entende a elaboração como uma atividade cognitiva mais complexa que a formulação e o levantamento de problemas. O autor afirma que a elaboração de problemas é uma

atividade humana realizada por meio de três procedimentos essenciais: a formulação (uma pergunta inicial fornece os elementos que provocarão o sujeito a formular uma questão), a resolução (o sujeito busca solucionar a questão formulada testando sua validade) e o aprimoramento (são feitas alterações com o intuito de aprimorar o problema elaborado). Desse modo, nesta obra utilizamos o termo elaboração de problemas quando nos referimos à atividade em que o indivíduo reconhece problemas em questões que envolvem situações matemáticas e mostra-se capaz de expressá-los de forma elaborada.

Os PCN não se ocuparam de abordar a questão da elaboração de problemas de forma enfática e que deixasse clara a importância dessa estratégia para desenvolver o conhecimento matemático escolar ou as habilidades criativas. Contudo, esse documento indica como um dos objetivos do ensino fundamental:

Questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de **resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação.** (BRASIL, 1997, p. 3, grifo nosso).

Esse importante documento nacional revela, portanto, que o ensino precisa oferecer condições para que o aluno desenvolva a capacidade de formular problemas de modo a questionar a realidade, utilizando, para tanto, aspectos do conhecimento tradicionalmente trabalhados na escola (pensamento lógico) e aspectos ligados à criatividade matemática. Estes últimos precisam entrar na pauta de habilidades a serem exercitadas (intuição e análise crítica) tendo-se como base o trabalho com a formulação de problemas matemáticos como instrumento para o questionamento da realidade.

A literatura sobre criatividade em matemática também tem evidenciado a importância da elaboração de problemas para o desenvolvimento do potencial criativo dos alunos. Diversos autores (HADAMARD, 1945/2009, BALKÁ, 1974; KRUTETSKII, 1976; ELLERTON, 1986; KILPATRICK, 1987; MANN, 2005; GONTIJO, 2006; SILVER; CAI, 2005; PITTA-PANTAZI; SOPHOCLEOUS; CHRISTOU, 2013; HARPEN; SRIRAMAN, 2013; CARVALHO, 2015), têm

defendido o trabalho com o chamado *problem-posing* (problematização), atividades nas quais os alunos são levados a identificar problemas em situações matemáticas, como uma estratégia que propicia o desenvolvimento da criatividade matemática na medida em que favorece o pensamento divergente.

Silver e Cai (2005) lembram que os defensores da elaboração de problemas argumentam que a experiência com esse tipo de atividade pode promover o engajamento dos alunos em autêntica atividade matemática, permitir que enfrentem muitos problemas por meio de métodos e soluções diversos e ainda promover a criatividade dos alunos, que passam a procurar novos problemas, métodos alternativos e novas soluções. Os autores afirmam que uma característica fundamental das tarefas problematizadoras é que elas permitem a geração de múltiplas respostas corretas. Assim, as tarefas de elaboração de problemas, segundo os autores, estão entre as mais utilizadas quando o objetivo é identificar indivíduos criativos.

A elaboração de problemas como meio de desenvolver e demonstrar criatividade em matemática não é uma proposta recente, como fica evidenciado nas datas de vários trabalhos (HAYLOCK, 1997; HASHIMOTO, 1997; GONTIJO, 2007; KATTOU et al., 2013; CARVALHO, 2015), indicando que essa estratégia já vem sendo estudada há algumas décadas. Nesse sentido, são apresentados a seguir exemplos de questões que podem contribuir para o desenvolvimento dessa habilidade importante para o estímulo do potencial criativo dos alunos.

Harpen e Sriraman (2013), por exemplo, realizaram um estudo explorando a criatividade em matemática de alunos do ensino médio dos EUA e da China, analisando suas habilidades em elaboração de problemas em cenários geométricos. Segundo os autores, as habilidades de problematização são referidas na literatura como um importante indicador de criatividade em matemática, e a importância das atividades de elaboração de problemas é enfatizada em documentos educacionais de muitos países, incluindo dos EUA e da China. No entanto, esse tipo de atividade acaba sendo esquecido pelos professores. Para estimular seu uso, os autores apresentam três tipos de atividades de elaboração de problemas:

Criatividade em matemática: conceitos, metodologias e avaliação

- a) Livre: os alunos geram um problema a partir de uma situação dada, artificial ou naturalista. Exemplo:

Há dez meninas e dez meninos em uma fila. Faça tantos problemas quanto você puder usando essas informações.

- b) Semiestruturada: os alunos recebem uma situação aberta e são convidados a explorar a estrutura dessa situação por meio da aplicação de conhecimentos, habilidades, conceitos e relações a partir de suas experiências matemáticas anteriores. Exemplo:

É apresentada uma figura em que há um triângulo com um círculo inscrito. Os alunos são orientados a elaborar tantos problemas quanto puderem que sejam, de alguma forma, relacionados à figura, podendo ser problemas da vida real.

- c) Estruturadas (a problematização baseava-se em um problema específico). Exemplo:

Ontem à noite houve uma festa na casa de seu primo e a campainha tocou dez vezes. Na primeira vez que a campainha tocou apenas um convidado chegou. Cada vez que a campainha tocava, chegavam três convidados a mais do que na vez anterior. 1) Quantos convidados vão entrar ao 10º toque? Explique como você encontrou sua resposta. 2) Faça todas as perguntas que você puder que estão de alguma forma relacionadas a este problema.

Algumas formas interessantes de trabalho com elaboração de problemas podem estimular o desenvolvimento das habilidades criativas. Por exemplo, o uso de imagens a serem exploradas pelos alunos pode estimulá-los a identificar problemas

matemáticos. Um exemplo é o uso de encartes de supermercados e de lojas de móveis e eletrodomésticos para que os estudantes visualizem produtos, preços e formas de pagamento para identificar problemas de variados campos conceituais, formulando-os para análise futura.

O uso de imagens em atividades de elaboração de problemas foi analisado por Yévdokimov (2005). O autor analisa os processos de pensamento utilizados pelos alunos quando estão envolvidos em atividades nas quais o desenho é utilizado como a linguagem principal na elaboração criativa de problemas. O autor salienta que o trabalho com desenhos pode auxiliar o aluno a encontrar o equilíbrio entre o pensamento visual e analítico. Por um lado, o desenho estimula o pensamento visual na elaboração de problemas de geometria plana, e por outro, permite que o aluno comute do pensamento visual ao pensamento analítico ou vice-versa.

Uma segunda forma de trabalho com a elaboração de problemas é o uso de informações veiculadas em noticiários, por exemplo, para que o aluno identifique e elabore problemas matemáticos. As informações podem suscitar nos alunos a percepção de situações que apresentam problemas que requerem uma boa dose de criatividade. Na informação apresentada a seguir existem inúmeras possibilidades de elaboração de problemas abordando campos conceituais referentes à comparação, complementação, sistema decimal etc.:

Nos quatro primeiros meses deste ano, o Distrito Federal registrou 2.403 casos de dengue. No ano passado foram registrados 3.844 casos no mesmo período.

Diante desse trecho de notícia os alunos são confrontados com dados da realidade e são estimulados a identificar e elaborar situações-problema. Por meio do pensamento especulativo, podem apresentar situações originais e criativas a partir de um dado real.

Por fim, outra estratégia para o desenvolvimento das habilidades de elaboração criativa de problemas é a formulação de situações a partir de um problema inicial.

Em uma experiência desse tipo realizada por Carvalho (2015), foi apresentado aos alunos o seguinte problema:

Três ônibus do mesmo tamanho têm lugar para 135 passageiros no total. Em quatro ônibus, quantos lugares há? (DANTE, 2008).

Os alunos foram orientados a elaborar situações matemáticas tomando o problema inicial como inspiração, podendo utilizar os dados matemáticos apresentados ou recorrer a outros dados caso fosse necessário. Um aluno surpreendeu a turma apresentando a seguinte situação:

Para chegar à escola, preciso pegar um ônibus que custa R\$ 2,35 cada passagem. No entanto, entrego R\$ 2,40 para o cobrador e ele nunca me devolve o troco. Qual meu prejuízo este mês se preciso pagar passagem para ir e voltar e, tirando os finais de semana e os feriados, terei 20 dias de aula?

O estudante que apresentou essa situação no mínimo inusitada era um aluno do 5º ano do ensino fundamental de uma escola do Distrito Federal que atendia em sua maioria alunos do entorno de Brasília. Esse aluno precisava realmente utilizar o transporte público para se deslocar até a escola e, em uma ação importante para o seu processo de aprendizagem criativa, realizou a personalização da informação apresentada (MITJÁNS MARTÍNEZ, 2012) elaborando um problema bastante original.

Apresentamos aqui algumas estratégias para a habilitação dos estudantes em elaboração criativa de problemas. No entanto, tais estratégias não esgotam as incontáveis possibilidades de trabalho dentro do escopo dessa rica maneira de desenvolver a criatividade em matemática. Infelizmente, contudo, o trabalho com elaboração de problemas aparenta não ter ganhado ainda a devida importância nos espaços escolares.

Harpen e Sriraman (2013) destacam que, nas últimas décadas, as pesquisas sobre resolução de problemas proliferaram. Já as pesquisas sobre habilidades de elaboração de problemas, por outro lado, têm recebido pouca atenção enquanto um aspecto da criatividade matemática. Assim, os autores enfatizam a necessidade de mais investigações nessa linha de pesquisa no âmbito da educação matemática, dando aos alunos oportunidades de problematização em diferentes áreas da matemática escolar com o objetivo de estimular a criatividade, bem como o raciocínio matemático diversificado, para gerar problemas que são contextualmente diferentes. Alguns anos atrás, autores como Silver e Cai (2005), Yevdokimov (2005) e Cruz Ramírez (2006) já haviam questionado o fato de que, apesar de ser considerada tão importante quanto a resolução de problemas, normalmente a elaboração de problemas recebe menos atenção como parte do currículo escolar e como objeto instrucional.

Pelczer (2008) discute se a elaboração de problemas é realmente um ato criativo. Entendendo a elaboração de problemas como um processo pelo qual se obtém um problema que ainda não foi resolvido por ninguém ou, em outros contextos, como a reformulação de problemas já existentes, o autor chega a uma conclusão positiva. O autor argumenta que, após revisar centenas de problemas de livros didáticos e gerados por alunos, foi possível compreender que a criatividade do processo de elaboração de problemas conta com uma natureza relacional multiarticulada do conhecimento matemático. Ou seja, o conhecimento disponível para o aluno está em uma reordenação contínua durante o processo de problematização. Por isso o autor considera que essa elaboração de problemas em sala de aula é criativa, pois envolve mecanismos cognitivos que são típicos do pensamento criativo.

Elaboração de problemas, segundo o autor, é o processo de formulação de perguntas sobre ideias que formam a matemática e sobre as relações entre tais ideias. Nesse sentido, a própria natureza das tarefas de problematização leva os alunos a explorar as suas próprias estruturas de conhecimento e a estabelecer relações entre elas e novos contextos. Todas essas atividades são, segundo Pelczer (2008), expressões criativas.

Inspirando-se em Eryvynck, Pelczer apresenta quatro elementos como sendo a força motriz para a criatividade matemática. Oferecendo uma reinterpretação para o caso da problematização em sala de aula, o autor sugere atividades que podem melhorar as habilidades de elaboração de problemas. Esses quatro elementos fundamentais são: a compreensão (para o ensino, seria importante mostrar explicitamente a conexão entre diferentes conceitos no contexto específico em que são usados); a intuição (aqui o autor salienta a importância dos exemplos como recursos que ilustram os conceitos — bons exemplos para os teoremas, critérios e conceitos apresentados permitem que os alunos entendam seus significados, além de gerar discussões e verificar argumentos); a *insight* (levar o aluno a ver a essência das ideias pela percepção de como os termos de um teorema são restritivos — uma reorientação de interesse e uma ressignificação do que é importante consolidar por meio do ensino); e a generalização (a aplicação de generalizações pelo aluno pode auxiliá-lo a construir mapas conceituais que lhe permitam compreender como usar funções ou propriedades matemáticas na elaboração de problemas em contextos diversos).

Pelczer afirma ainda que esses aspectos podem ser derivados também de tarefas de resolução de problemas, mas há um aspecto da problematização que a diferencia: a possibilidade de controlar as próprias criações e supervisionar o processo de transformações posteriores, aspecto relacionado à metacognição que é explorado nas tarefas de problematização, um vez que estas exigem do aluno a formulação e reformulação contínua de seu processo criativo. A vantagem da elaboração de problemas sobre a resolução de problemas estaria, então, no fato de que as tarefas de problematização permitem desenvolver algumas habilidades específicas como invenção de critérios de avaliação e tomada de decisão para mudar de direção como resultado de tal avaliação.

Segundo o autor, outro aspecto da elaboração de problemas que pode beneficiar os alunos no desenvolvimento da criatividade em matemática é o fato de que, nesse tipo de tarefa, os alunos encontram-se diante de uma situação aberta em que podem mover-se livremente entre temas e domínios e também expressar

preferências pessoais (pelo tipo de problema com que irão trabalhar). Assim, os estudantes sentem-se mais motivados e pessoalmente comprometidos com a tarefa, o que possivelmente influencia a experiência emocional de completá-la e o desejo de envolver-se novamente em tarefas semelhantes.

Redefinição de um problema

Sternberg e Grigorenko (2003) afirmam que redefinir um problema significa pegá-lo e colocá-lo de cabeça para baixo. Gontijo (2007) considera que essa é uma estratégia que consiste em redefinir uma situação matemática em termos de seus atributos, gerando assim múltiplas possibilidades de representar essa situação. Haylock (1997), de forma semelhante, considera as atividades de redefinição como aquelas em que os alunos são convidados a redefinir os elementos de uma situação em termos de seus atributos matemáticos, sendo que tais atividades não são apresentadas como categorias rígidas e rápidas, mas como uma estrutura para a geração de tarefas que podem revelar pensamento divergente em matemática.

Sternberg e Grigorenko dão um exemplo prático da importância da redefinição de um problema para que seja encontrada uma solução criativa contando a história de um executivo que ocupava um cargo de alto nível. Apesar de adorar seu serviço e o dinheiro que recebia por ele, odiava seu chefe. O executivo pensou em mudar de emprego, mas então redefiniu o problema: em vez de ter que encontrar outro lugar para trabalhar, resolveu procurar um emprego novo para seu chefe. Assim, o chefe mudou de emprego e o executivo assumiu seu antigo cargo. Desse modo, por meio da redefinição do problema de ter que encontrar um novo emprego, encarando-o sob uma nova perspectiva, o executivo acabou encontrando uma solução criativa para sua dificuldade.

Nesse sentido, no desenvolvimento da criatividade em matemática, a redefinição de um problema pode auxiliar o aluno a enxergar novas possibilidades de solução para questões propostas. Assim, Sternberg e Grigorenko sugerem que, nas

aulas de matemática, os professores encorajem os alunos a formular novas perguntas sobre um problema já existente. Também nesse sentido, os PCN apontam como um dos objetivos do ensino de matemática no ensino fundamental:

Fazer observações sistemáticas de aspectos quantitativos e qualitativos do ponto de vista do conhecimento e estabelecer o maior número possível de relações entre eles, utilizando para isso o conhecimento matemático (aritmético, geométrico, métrico, algébrico, estatístico, combinatório, probabilístico); selecionar, organizar e produzir informações relevantes, para interpretá-las e avaliá-las criticamente. (BRASIL, 1997, p. 37).

De modo a atender esse objetivo, os alunos podem redefinir uma situação matemática estabelecendo relações entre os conhecimentos matemáticos, reorganizando informações por meio de seus atributos e representando tais conhecimentos de formas diversas e criativas. Assim, ao buscar, por exemplo, reorganizar uma lista de numerais (como o conjunto: 2, 3, 4, 9, 10, 12) por meio da composição de conjuntos de três elementos analisando seus atributos matemáticos, o aluno perceberá que os elementos matemáticos guardam relações entre si (por exemplo: 2, 4, 10 são pares; 3, 9, 12 são múltiplos; 2, 3, 4 estão em sequência). Ao serem observadas essas relações, o aluno terá uma gama de pistas para a solução de um determinado problema (por exemplo, numa situação em que haja necessidade de repartição envolvendo o 12 e o 3, os alunos perceberão que haverá uma divisão exata, já que tais termos são múltiplos).

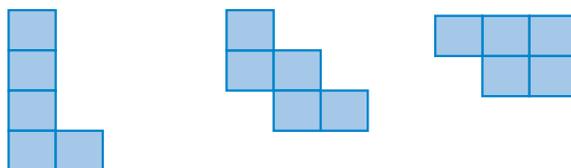
Como exemplo de atividade de redefinição, podemos citar o item a seguir, apresentado por Balka (1974). O item orienta o seguinte:

Usando cinco quadrados iguais, unidos apenas pelos seus lados, crie figuras diferentes.

Capítulo 3. Estratégias para o desenvolvimento da criatividade em matemática

As seguintes soluções ilustram respostas possíveis para esse item. Observamos que a questão pede uma reordenação dos objetos de modo que sejam apresentadas figuras diferentes respeitando-se os critérios apontados no enunciado: produzir cinco quadrados iguais e unir os quadrados pelos seus lados.

Figura 1: Exemplos de resposta para o item apresentado



Outro exemplo de questão que trabalha a redefinição de problemas foi apresentado em estudos de Pitta-Pantazi et al. (2012). A questão dizia:

Use os números abaixo para construir grupos de quatro números com características comuns. Use sua imaginação para criar os grupos e explique o motivo pelo qual você colocou os números no mesmo grupo. Crie o maior número de grupos que você puder.

2	3	4	5	7	9	10	15	21	25	28	49
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

Nesse item os respondentes precisam observar relações matemáticas entre os numerais para poder reordená-los em grupos de quatro. Assim, podem ser apresentadas soluções como:

2, 3, 4, 5 – numerais em sequência

2, 3, 5, 7 – números primos

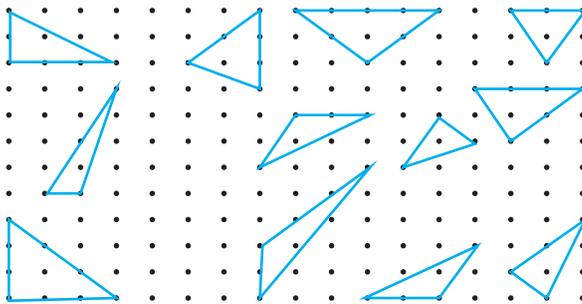
7, 21, 28, 29 – múltiplos de 7

10, 15, 21, 25 – possuem dois algarismos

Outro exemplo de problema de redefinição pode ser encontrado no site NRICH.² Nesse problema o aluno deve construir triângulos em uma malha pontilhada atentando para deixar apenas um ponto dentro de cada triângulo. Para tanto, precisa redefinir a posição dos lados dos triângulos e redefinir o perímetro e a área dos triângulos conforme o comando do exercício proposto.

Abaixo temos um conjunto de pontos. O exercício agora consiste em desenhar triângulos diferentes unindo os pontos de modo que dentro de cada triângulo permaneça somente um ponto. Preocupe-se também em observar que os vértices dos triângulos precisam necessariamente estar sobre os pontos da malha. Busque desenhar o maior número de triângulos diferentes possíveis.

Figura 2: Exemplos de respostas para o item apresentado



Podemos observar, por meio da figura, que a atividade possibilita a apresentação de inúmeras soluções válidas, podendo o respondente apresentar triângulos de áreas e formatos distintos.

Constatamos, pelo exposto neste capítulo e nos anteriores, que diversos pesquisadores têm demonstrado interesse em avaliar a criatividade em matemática. Para tanto, tais estudiosos vêm recorrendo a testes de criatividade, os quais

² Disponível em <http://nrich.maths.org/frontpage>, acessado em 18 de fevereiro de 2017.

Capítulo 3. Estratégias para o desenvolvimento da criatividade em matemática

costumam utilizar a resolução, a elaboração e a redefinição de problemas como instrumentos para a mensuração da criatividade nessa área do conhecimento. Diante da emergente importância dada a esse tema em diferentes lugares do mundo, e ao mesmo tempo percebendo a necessidade de mais pesquisas sobre o tema aqui no Brasil, no capítulo a seguir abordamos alguns estudos que pretenderam avaliar a criatividade em matemática, contribuindo para uma visão mais global do assunto, a fim de orientar a compreensão dos futuros interessados em se embrenhar em estudos semelhantes.



Avaliação de habilidades criativas em matemática

Avaliar é um processo natural, parte do repertório das ações dos seres humanos, que buscam emitir julgamentos com o propósito de orientar a si ou às outras pessoas na construção de alternativas para modificar a realidade encontrada. Segundo Pasquali (2010, p. 11), “avaliar parece ser uma fatalidade do ser humano com relação ao seu meio ambiente, incluindo ali o meio físico bem como o social”. No contexto educacional, a avaliação deveria ter por finalidade orientar as aprendizagens, evidenciando não apenas os aspectos conceituais, mas também os aspectos atitudinais e procedimentais envolvidos no processo de construção do conhecimento, com vistas a possibilitar reflexões acerca de como o trabalho pedagógico está organizado e como este pode favorecer as aprendizagens dos estudantes.

O sentido da avaliação realizada no cotidiano escolar difere do sentido que empregamos aqui ao nos referirmos à avaliação da criatividade. No primeiro caso, a avaliação é processual, recorrente, e envolve a aplicação de múltiplos instrumentos e procedimentos a fim de acompanhar as aprendizagens dos estudantes. O sentido aqui empregado remete à aplicação de testes e levantamento de escores de acertos e erros. Mesmo reconhecendo que esses dois tipos de avaliação são distintos, optamos por utilizar o termo avaliação da criatividade quando, de fato, estamos nos referindo a mensuração de criatividade. Ressaltamos que os processos de medição de criatividade podem, no contexto escolar, ser utilizados com propósitos formativos, pois a identificação das potencialidades criativas dos estudantes permite a realização de intervenções pedagógicas que visem colaborar com o desenvolvimento da criatividade matemática. Essas intervenções podem

ser realizadas por meio do uso de técnicas de estímulo à criatividade voltadas para o pensamento matemático.

Ao buscar meios de avaliar a criatividade, estamos interessados em compreender a dinâmica do processo criativo e, a partir dos resultados encontrados, estimular os estudantes a realizar uma autorreflexão quanto às suas próprias capacidades de criação. As críticas às nossas atitudes e/ou ao nosso desempenho muitas vezes são válidas para essa autoanálise e conseqüente mudança de comportamento. Essa atitude talvez possa se concretizar também em relação à criatividade.

Mann (2005) afirma que a identificação do potencial criativo é um desafio, mas pode encorajar os professores a nutrir esse aspecto do talento matemático nos estudantes. Desse modo, torna-se primordial avaliar em que níveis de criatividade se encontram os alunos para que o professor possa intervir de modo a favorecer o desenvolvimento da sua capacidade de agir criativamente diante de uma situação matemática. Tendo em vista que a criatividade é uma propriedade dinâmica da mente humana e que o potencial criativo do sujeito pode ser tanto desenvolvido como inibido, Leikin (2009), assim como Mann, destaca que as ferramentas para a avaliação da criatividade matemática são importantes para desenvolver o potencial criativo dos estudantes e para avaliar a eficácia dos currículos de matemática. Esses e outros estudos na área vêm fornecendo elementos para a compreensão do desenvolvimento do potencial criativo e subsidiando os pesquisadores em seu esforço para aprimorar os instrumentos de medição de criatividade considerados importantes para a pesquisa nesse tema.

Cabe ressaltar que existem diferentes instrumentos e procedimentos para avaliar a criatividade. Um aspecto comum a todos eles é o fato de que se baseiam na valorização do pensamento divergente e na análise da produção, tanto no contexto amplo da criatividade quanto no contexto da criatividade específica. O uso de instrumentos de medição de criatividade no campo da matemática visa investigar se essa característica do sujeito está ou não a se desenvolver como fruto de alguma intervenção, situação ou estratégia elaborada para esse fim.

Ancorando-se nos princípios da psicometria, diversos testes foram criados e validados em diferentes países para avaliar a criatividade em matemática (BALKA, 1974; FOSTER, 1970; HAYLOCK, 1987, 1997; KATOU ET. AL., 2013; LEE; HWANG; SEO, 2003; LEVAV-WAYNBERG, 2009; SINGH, 1987; SOPHOCLEOUS; CHRISTOU; PITTA-PANTAZI, 2013). No contexto brasileiro, destacamos os testes elaborados por Gontijo (2007) e Carvalho (2015). Vale ressaltar que muitos desses testes possuem itens em comum, o que fortalece ainda mais as evidências de suas potencialidades para medir a criatividade em matemática, vez que todos se mostraram instrumentos válidos e fidedignos em seus diferentes cenários de aplicação.

A fim de ilustrar a avaliação de habilidades criativas em matemática, serão apresentados ao longo do capítulo alguns itens de diferentes testes, bem como alguns padrões de correção para esses itens. Vale ressaltar que a maioria dos testes dessa natureza busca avaliar habilidades de pensamento criativo tais como fluência, flexibilidade e originalidade de pensamento (HAYLOCK, 1997; MANN, 2005; GONTIJO, 2007). Essas habilidades podem ser assim definidas:

- a) Fluência: representa a quantidade de ideias diferentes geradas e que se configuram soluções adequadas para os problemas propostos;
- b) Flexibilidade: refere-se à quantidade de categorias diferentes em que se podem classificar as soluções geradas para cada problema;
- c) Originalidade: corresponde à infrequência ou não convencionalidade das ideias geradas, isto é, são consideradas originais as soluções adequadas que destoam do grande grupo de soluções propostas.

Foster (1970), com o intuito de avaliar as habilidades criativas em matemática de estudantes com idades entre 9 e 11 anos, elaborou dois testes específicos. O primeiro trata-se de uma atividade na qual a criança é levada a selecionar seis cartas de baralho que guardem algo em comum. Nessa dinâmica, são atribuídos pontos a

cada conjunto de soluções elaborado em um intervalo de cinco minutos. O segundo teste, por sua vez, solicita à criança que encontre o máximo possível de resultados a partir dos números 2, 3 e 6, podendo utilizar as quatro operações aritméticas.

Em face da necessidade de estabelecer critérios para mensurar a criatividade em matemática, Balka (1974) propôs seis critérios, que têm inspirado a elaboração de diferentes testes com propósito similar. Essas habilidades podem ser assim sintetizadas:

- a) Formulação de hipóteses que tenham por propósito avaliar situações matemáticas.
- b) Avaliação de ideias matemáticas não usuais a partir da reflexão sobre suas implicações em situações matemáticas.
- c) Percepção de problemas a partir de situações matemáticas a ponto de formular novas questões que viabilizem respondê-los.
- d) Elaboração de problemas específicos a partir de um problema matemático geral.
- e) Rompimento do quadro mental “estático” à medida que o indivíduo busca soluções para diferentes problemas matemáticos.
- f) Elaboração de modelos que visam solucionar situações matemáticas.

A partir desses critérios, o autor desenvolveu um teste de medição do potencial da habilidade criativa em matemática de alunos estadunidenses, que frequentavam a escola numa etapa equivalente aos anos finais do ensino fundamental brasileiro, por meio de uma abordagem psicométrica. A seguir, apresentamos dois exemplos de itens utilizados por Balka. O primeiro é referente à base numérica que convencionalmente utilizamos, buscando levar o respondente a uma reflexão sobre as possibilidades e implicações do trabalho com diferentes bases de contagem. O segundo item suscita a reflexão sobre a heurística a ser adotada na resolução de um problema específico.

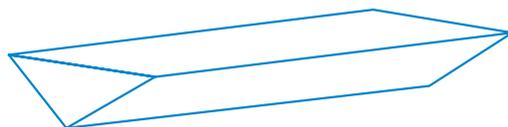
Exemplo 1

Liste todas as coisas que poderiam acontecer se nós utilizássemos um sistema de numeração de base 14 em vez do nosso sistema de numeração tradicional de base 10.

Exemplo 2

Com o objetivo de encontrar o peso da água dentro do cocho mostrado na figura abaixo, liste o maior número possível de outros problemas que devem ser resolvidos antes da obtenção de uma resposta final.

Figura 3: Cocho



É possível notar que tanto os itens propostos por Foster (1970) como os elaborados por Balka (1974) trazem um estímulo ao pensamento divergente na medida em que não impõe ao sujeito um caminho esperado para a resolução dos problemas. Assim, embora tais atividades tenham como propósito instigar o respondente a buscar diferentes soluções, o raciocínio não se encontra fixado a um conceito ou algoritmo específico, o que permite que o indivíduo crie suas resoluções de forma livre e variada.

A fim de avaliar criatividade em matemática e identificar talento matemático, dessa vez em crianças com idades entre 11 e 13 anos, B. Singh (1987) também desenvolveu um teste. Em uma das atividades propostas, cujo objetivo era levar o estudante a descobrir diferentes expressões a partir de determinado conjunto de regras, é solicitado que ele escreva números inteiros de 1 a 5 a partir da associação

entre quatro “setes” e as diferentes operações que conhecem, como, por exemplo, o número 6 pode ser escrito assim: $\frac{(7 \times 7 - 7)}{7}$.

Em outro item, o estudante deve atribuir valores a algumas letras do alfabeto que estão representando algarismos em uma operação de adição sem repetir valores nas tentativas de resposta, conforme mostrado a seguir:

$$\begin{array}{r} \\ \\ \hline P \end{array}$$

Nesse problema, deverão ser geradas respostas corretas a partir da indicação de valores apropriados a cada letra, considerando que os valores atribuídos a B e D implicam um determinado valor para R, assim como a atribuição de valores a A e C tem como consequência direta valores para K e P, sendo necessário ainda o cuidado de atribuir valores diferentes a cada letra proposta na expressão.

Cabe ressaltar que um item de estrutura similar já havia sido proposto por Mednick, citado por Dunn (1975), solicitando que fossem escritas o maior número possível de equações a partir de três números fixos, apresentados em determinada ordem, e um sinal de igualdade. Poderiam ser utilizados símbolos tais quais +, -, x, : e (), caso necessário. Algumas respostas possíveis são:

a) $2^3 + 8 = 16$

b) $2 \times 3 \times 8 = 48$

c) $2 - \sqrt[3]{8} = 0$.

Haylock (1987) foi outro pesquisador a desenvolver um instrumento específico de mensuração, dessa vez para investigar a criatividade matemática em crianças de 11 e 12 anos. Um dos itens, por exemplo, traz o seguinte comando:

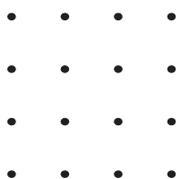
Escreva abaixo tantas coisas quantas você puder pensar sobre o que os números 16 e 36 têm em comum.

Para esse item foram apresentadas várias soluções, como o fato de serem números divisíveis por 2, divisíveis por 4, menores que 40, maiores que 15, não primos, entre muitos outros.

Outro item foi apresentado com a seguinte formulação:

Elabore a maior quantidade possível de figuras geométricas que possuam área igual a 2 cm^2 a partir da ligação de pontos em uma malha quadrangular e cuja distância entre si, tanto na horizontal como na vertical, seja igual a 1 cm, como na figura a seguir:

Figura 4: Malha quadrangular



Haylock publicou outro trabalho em 1997, no qual utilizou, para construir as atividades aplicadas a crianças, duas concepções que, segundo o autor, “podem formar a base para um quadro para a promoção e desenvolvimento da criatividade matemática em escolares” (HAYLOCK, 1987, p. 59). Uma das concepções diz respeito à capacidade para ultrapassar a fixação de conteúdos universais e a fixação algorítmica (ou seja, a capacidade para quebra de um conjunto mental) que levam alguns alunos a restringirem seu pensamento a procedimentos de rotina ou respostas estereotipadas, mesmo quando estas são ineficientes ou inapropriadas

para o problema em questão. Essa limitação estaria diretamente ligada à cultura do pensamento convergente, predominante nas salas de aula diante das mais diferentes atividades. Para o autor, o oposto da flexibilidade é essa rigidez de pensamento, e sua superação pode ser um elemento de criatividade relevante para a resolução de problemas matemáticos.

A outra concepção utilizada na elaboração das tarefas refere-se à produção divergente “indicada pela flexibilidade e originalidade na tarefa matemática para a qual é possível um grande número de respostas apropriadas e possíveis” (HAYLOCK, 1997, p. 68). O autor alerta para o fato de que, em um contexto matemático, o critério de fluência parece ser menos útil para indicar o pensamento criativo divergente do que os critérios de flexibilidade, originalidade e adequação.

Para que a produção divergente fosse possível, as tarefas foram organizadas por Haylock (1997) com o intuito de avaliar três aspectos distintos da criatividade em matemática: a resolução, a elaboração e a redefinição de problemas. Na avaliação de resolução de problemas, o aluno se depara com uma situação que tem muitas soluções possíveis, sendo convidado a encontrar tantas respostas diferentes e interessantes quantas puder. O autor afirma ser “raro na matemática convencional alunos terem a oportunidade proporcionada por problemas mais abertos deste tipo para demonstrar pensamento criativo em matemática” (HAYLOCK, 1997, p. 72). Na parte relativa à elaboração de problemas o aluno é envolvido em uma situação matemática que o leva a formular muitas perguntas intrigantes e relevantes que podem ser respondidas a partir dos dados fornecidos. No último aspecto avaliado, o aluno é incentivado a redefinir os elementos de uma situação em termos de seus atributos matemáticos, demonstrando a capacidade de dar novas interpretações aos velhos objetos matemáticos para usá-los de uma nova maneira.

Outro elemento a ser considerado na avaliação da criatividade diz respeito ao tipo de atividade utilizada para tanto. Conforme Lee, Hwang e Seo (2003), pode-se medir a habilidade de pensamento criativo e a capacidade expressiva no campo da matemática por meio de problemas “de resposta aberta” e questões que exigem mais

de uma resposta, o que possibilita a apresentação de soluções originais e exclusivas. Levav-Waynberg e Leikin (2009) chamam tais problemas de tarefas de respostas múltiplas. Esses autores avaliaram o conhecimento e a criatividade de alunos em geometria utilizando *Multiple Solution Tasks* (MST), atividades que contêm uma exigência explícita para resolver um mesmo problema de várias maneiras.

Assim, Lee, Hwang e Seo (2003) desenvolveram um teste a partir da compilação de itens elaborados por diferentes autores para examinar e avaliar as diferenças entre os alunos talentosos e alunos regulares do segundo ano do ensino médio quanto às respostas dadas a problemas abertos, considerados por eles como aqueles “que podem ser utilizados como veículos essenciais para medir criatividade em matemática” (p. 164). Nessa análise, os autores buscaram examinar os níveis de fluência, flexibilidade e originalidade demonstrados na resolução dos problemas. Como exemplo, apresentamos a seguir um item constituinte desse teste, cuja autoria é atribuída por Lee, Hwang e Seo (2003) a Becker e Shimada (1997).

Considere as figuras sólidas abaixo. Escolha uma ou mais figuras que compartilhem as características com a figura B e anote essas características.

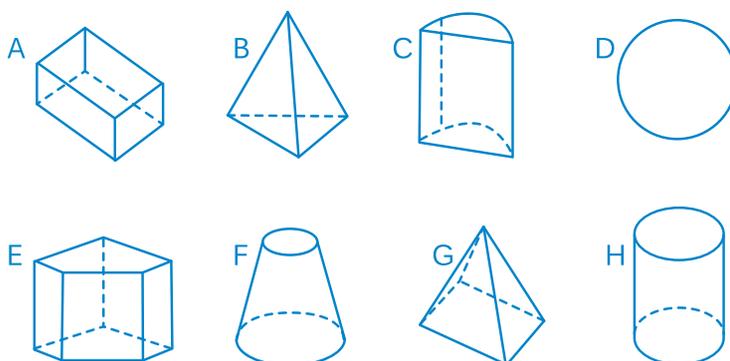


Figura 5: Figuras para comparação de características

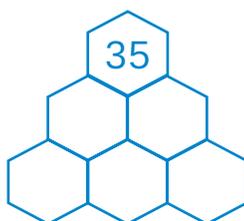
Para analisar as respostas dadas para esse item, bem como das outras atividades que compõe o referido teste, os autores elaboraram tabelas em que puderam contabilizar o número de respostas que cada estudante havia fornecido (fluência), em quais e quantas categorias (flexibilidade), inclusive destacando a presença ou não de soluções pontuadas como originais devido à infrequência com que surgiram. Exemplificando, para o problema apresentado tem-se uma separação das respostas baseada no aspecto que observam: os lados e bases das figuras; o número de vértices e ângulos; as formas de projeção etc. (LEE; HWANG; SEO, 2003). Para cada classificação como essa, segue uma lista de ideias geradas propiciando maior clareza na mensuração dos escores em análise.

Em estudo realizado em 2009, Levav-Waynberg e Leikin utilizaram as *Multiple Solution Tasks* (MST) para avaliar o conhecimento geométrico e a criatividade dos alunos, observando a diferença entre as soluções por meio dos seguintes critérios: (a) diferentes representações de um conceito matemático; (b) diferentes propriedades (definições ou teoremas) de conceitos matemáticos de um tópico matemático particular; ou (c) diferentes ferramentas matemáticas e teoremas de diferentes ramos da matemática. As autoras sustentam que as MST podem servir, por um lado, como um meio para estimular a criatividade e, por outro, como uma ferramenta de diagnóstico para mensurar a criatividade, porque permitem que o aluno encontre soluções que podem ser avaliadas por meio da fluência, flexibilidade, originalidade e conexão de conceitos matemáticos.

Kattou et al. (2013) também apresentaram um teste de criatividade em matemática constituído por cinco problemas do tipo aberto em que os alunos deveriam fornecer múltiplas soluções, soluções distintas entre si e que não tivessem sido apresentadas por nenhum de seus pares. Como exemplo, vale citar o seguinte item:

Observe a figura a seguir. Todas as células contém um número. Cada número na figura pode ser calculado executando-se a mesma operação entre os números que preenchem as duas células adjacentes abaixo. Encontre, tantas quantas possíveis sejam, soluções para a figura cujo topo é igual a 35.

Figura 6: Colmeia de operações



Com o intuito de aprimorar os critérios de avaliação da criatividade em matemática, Leikin (2009) desenvolveu um esquema para pontuar o desempenho dos respondentes em resolução de problemas de múltiplas soluções, avaliando originalidade, flexibilidade e fluência das respostas dadas. A autora considerou várias possibilidades de pontuação tendo como base o modo de resolução de problemas (oral, por meio de entrevista; ou escrita, por meio de prova escrita) e o tamanho e natureza dos grupos.

Segundo o esquema de pontuação de Leikin, a originalidade é avaliada de acordo com a convencionalidade das soluções, levando-se em conta ainda a história da educação matemática dos alunos. Em um grupo de até dez alunos, uma solução não convencional recebe o escore de 10 pontos de originalidade; uma resposta parcialmente não convencional, ou seja, aprendida em contextos diferentes da sala de aula, recebe 1 ponto de escore; e uma solução baseada em algoritmo convencional, ou seja, que foi aprendida em sala de aula, recebe o escore 0,1. Quando o grupo é superior a dez alunos e apresenta uma história comum de escolaridade, a originalidade é avaliada por comparação entre os espaços de solução individual e os espaços de solução coletiva do grupo avaliado, tomando como referência a porcentagem de estudantes que apresentam determinada solução. Assim, para soluções apresentadas por menos de 15% dos alunos, o escore de originalidade atribuído é 10 pontos; para soluções apresentadas por uma parcela de 15% a 39% dos alunos, o escore é de 1 ponto; e para soluções apresentadas por mais de 40% dos alunos, o escore atribuído é 0,1 ponto.

Criatividade em matemática: conceitos, metodologias e avaliação

Essa forma de pontuar a originalidade por meio de uma estrutura decimal facilita a interpretação do escore total, pois permite explicar para um aluno que tenha obtido 21,3 como seu escore total de originalidade, por exemplo, que o algarismo 2 representa duas soluções não convencionais, o algarismo 1 representa uma solução parcialmente não convencional e o algarismo 3 representa três soluções convencionais.

		Criatividade				
		Fluência	Flexibilidade	Originalidade		
Escore por solução	Para desempenho independente ou em pequenos grupos	1	Flx1 = 10 para a primeira solução Flxi = 10 para soluções que pertencem a diferentes categorias Flxi = 1 para estratégias similares com representações diferentes	Ori = 10 para ideias não convencionais Ori = 1 para ideias parcialmente não convencionais Ori = 0,1 para soluções convencionais baseadas em algoritmos já conhecidos.		$Flx_i \times Ori_i$
	Para desempenho de estudantes em grandes grupos		Flxi = 0,1 para a mesma estratégia e a mesma representação	Ori = 10, $P < 15\%$ Ori = 1, $15\% \leq P < 40\%$ Ori = 0,1, $P \geq 40\%$		
Total de escore		N	$Flx = \sum_{i=1}^n Flx_i$	$Or = \sum_{i=1}^n Ori_i$	$\sum_{i=1}^n Flx_i \times Ori_i$	
Escore final de criatividade		$Cr = n \left(\sum_{i=1}^n Flx_i \times Ori_i \right)$				

“n” se refere ao número total de respostas apropriadas;

$$P = \frac{m_j}{n} \cdot 100\%, \text{ onde "m}_j\text{" é o número de de estudantes que utilizou a estratégia "j"} \text{ (LEIKIN, 2009, p. 139).}$$

Já para avaliar a flexibilidade, foram estabelecidos grupos de soluções levando-se em conta as estratégias de solução empregadas, abrangendo as categorias de meios de expressão, propriedades (teoremas, definições, ou construções auxiliares) e ramos da matemática. Assim, para a primeira solução adequada é atribuído o escore de 10 pontos. Nas soluções consecutivas, são atribuídos 10 pontos se a solução pertence a grupos diferentes das soluções anteriores, 1 ponto se a solução pertence a um dos grupos utilizados anteriormente, mas com uma distinção não muito clara, e 0,1 ponto se a solução é quase idêntica a uma solução anterior. A pontuação total em flexibilidade se dá por meio da soma das flexibilidades individuais. O escore de criatividade de cada solução dada é o produto do valor da flexibilidade pelo valor da originalidade, sendo a criatividade geral calculada por meio da soma dos escores de criatividade de cada solução.

Por fim, a fluência de um aluno é medida pelo número de soluções adequadas apresentadas no espaço de solução individual, no caso de um teste escrito, ou, produzidas dentro de um intervalo de tempo, no caso de uma entrevista individual. Como considera que a fluência é uma parte integrante da criatividade matemática, Leikin (2009) sugere que a pontuação final da criatividade é o produto da pontuação total de criatividade pela pontuação de fluência. O quadro apresentado na página anterior mostra de forma resumida o esquema de pontuação de Leikin.

Outro estudo envolvendo medidas de criatividade no campo da matemática foi desenvolvido por Sophocleous, Christou e Pitta-Pantazi (2013), que examinaram estilos cognitivos envolvidos na atividade criativa em matemática. Para tanto, utilizaram *Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire* e um teste de criatividade em matemática, instrumentos aplicados a 96 universitários do curso de formação de professores de escola primária. O teste de criatividade matemática tinha o propósito de medir as habilidades matemáticas criativas dos participantes em termos de cálculo de área, reconhecimento de padrões, levantamento de problema e trabalho com números, e incluía cinco tarefas: duas envolvendo polígonos, uma sobre padrões de formas, uma sobre levantamento de problemas e uma abordando raciocínio com números. Assim, o teste incluía atividades que requeriam diferentes conhecimentos.

Criatividade em matemática: conceitos, metodologias e avaliação

Ao submeter os dados levantados à análise de regressão múltipla, os resultados demonstraram que, enquanto estilos cognitivos visuais (espacial e imagético) foram estatisticamente preditores significativos de habilidades criativas em matemática, o estilo cognitivo verbal não apresentou predição para essa habilidade. Ainda, os resultados indicaram que o estilo cognitivo ligado a imagens espaciais se mostrou relacionado com fluência, flexibilidade e originalidade, ao passo que o estilo cognitivo ligado a imagens de objetos foi negativamente relacionado com originalidade matemática, assim como o estilo cognitivo verbal foi negativamente relacionado com flexibilidade matemática. Por fim, o estudo revelou que os indivíduos com tendência a possuir diferentes estilos cognitivos empregaram diferentes estratégias nas tarefas matemáticas criativas. Um dos itens propostos na realização do estudo é apresentado a seguir:

Use os números abaixo para construir grupos de quatro números com características comuns. Use sua imaginação para criar os grupos e explique o motivo pelo qual você colocou os números no mesmo grupo. Crie o maior número de grupos que você puder.

2	3	4	5	7	9	10	15	21	25	28	49
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

Já no cenário brasileiro, Gontijo (2007), a partir de uma seleção de itens potencialmente favoráveis ao trabalho de resolução, redefinição e elaboração de problemas, e procurando investigar relações entre criatividade, motivação em matemática e criatividade em matemática, estruturou um teste com uma amostra de 100 alunos de ensino médio. O teste foi composto por seis itens e pode ser exemplificado neste item de autoria de Livne, Livne e Milgran (1999, p. 152):

Esta atividade consiste em realizar operações envolvendo apenas o número 4. Você deverá usar quatro números 4, realizando operações matemáticas entre eles. O resultado dessas operações também deverá ser igual a 4. Tente fazer o maior número de soluções possível, incluindo todas as operações aritméticas: adição, subtração, multiplicação, divisão, raiz quadrada, fatorial, etc. Não é necessário usar todas as operações em cada solução apresentada.

Buscando uma maneira de classificar as soluções apresentadas a partir desse problema, Gontijo procurou identificar os elementos fluência, flexibilidade e originalidade de acordo com os seguintes critérios:

- a) Fluência: número de sentenças matemáticas que envolvem exclusivamente quatro números 4 e que produzam resultado igual a 4;
- b) Flexibilidade: número de categorias de sentenças, calculado pelo número de operações diferentes utilizadas em cada sentença elaborada;
- c) Originalidade: raridade relativa das sentenças elaboradas.

Abaixo seguem alguns exemplos de respostas que foram propostas para esse problema (GONTIJO, 2007, p. 155):

- a) $\sqrt{4+4+4+4} = 0$
- b) $(4 - 4) \times 4 + 4 = 4$
- c) $\sqrt{4} + \sqrt{4} - 4 + 4 = 4$
- d) $4! - (4 \times 4) - 4 = 4$
- e) $4\sqrt{4} - \sqrt{4} - \sqrt{4} = 4$
- f) $4! \div 4 + \sqrt{4} - 4 = 4$
- g) $(4 \div 4) \times \sqrt{4} + \sqrt{4} = 4$
- h) $(4! - 4 - 4) \div 4 = 4$

A seguir, exemplo de pontuação para o item citado acima usando os critérios definidos para a identificação de fluência e flexibilidade:

- a) Fluência: tem valor 8, pois foram elaboradas oito sentenças matemáticas envolvendo exclusivamente quatro números 4 e produzindo resultado igual a 4.
- b) Flexibilidade: considerando o número de operações diferentes realizadas em cada resposta, tem-se que a flexibilidade tem valor 3. Observamos que na resposta contida na letra (a) foram utilizadas duas operações diferentes (adição e radiciação); nas respostas contidas nas letras (b), (c), (d), (e) e (h) foram utilizados três tipos de operação em cada; nas respostas contidas nas letras (f) e (g) foram utilizados quatro tipos de operação em cada (GONTIJO, 2007).

Ao observar a lista de soluções catalogadas pelo pesquisador após a aplicação do referido instrumento, é possível, portanto, comparar as diversas respostas entre si e classificá-las como infrequentes, incomuns ou, usando um termo mais específico, originais. Seguem alguns exemplos de soluções que foram apontadas apenas uma vez em toda a amostra de 100 alunos e que foram por isso consideradas originais:

a) $\sqrt{4} \cdot \sqrt{4} \cdot \sqrt{4} - 4 = 4$

b) $\sqrt{4} + \sqrt{4} - 4! + 4! - 4$

c) $\sqrt{4! - 4 + \sqrt{4} \cdot \sqrt{4}} = 4$

d) $\frac{4}{4} + \sqrt{4} + 4^0 = 4$

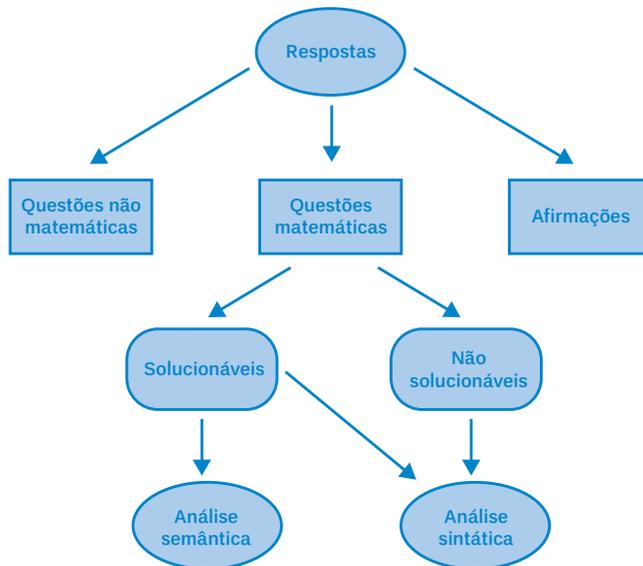
Outro item utilizado pelo autor e que vale ser apresentado é de autoria de Silver e Cai (1996) e solicita aos avaliados a elaboração de diferentes questões a partir de um contexto específico:

Elabore diferentes questões que possam ser respondidas a partir das seguintes informações:

Paulo, Tiago e Antônio retornavam, de automóvel, para suas casas depois de uma viagem. Antônio dirigiu 140 km a mais que Tiago. Tiago dirigiu duas vezes o percurso percorrido por Paulo. Paulo dirigiu 90 km. (GONTIJO, 2007, p. 152).

Para a correção do item, os autores organizam as informações seguindo um fluxograma que permite categorizar os tipos de problemas elaborados pelos respondentes de modo a auxiliar a mensuração de seus escores em criatividade matemática:

Figura 7: Fluxograma de categorização dos problemas elaborados



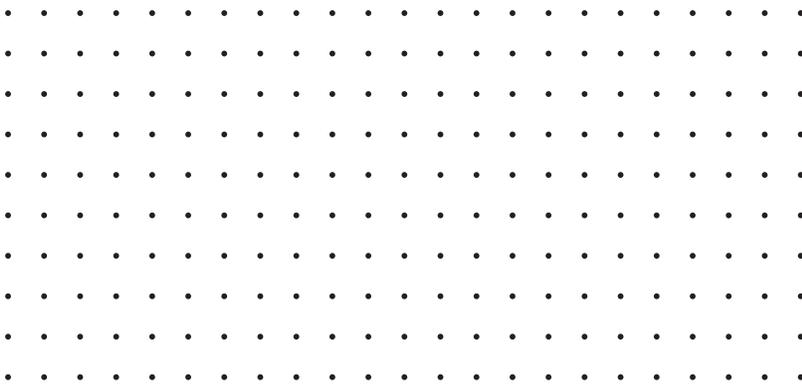
Assim, fica configurada a contabilização de fluência a partir do “número de problemas matemáticos solucionáveis”; de flexibilidade, pelo “número de categorias constituídas em função do número de relações semânticas envolvidas em cada resposta”; e de originalidade, em termos da “raridade relativa dos problemas propostas” (GONTIJO, 2007, p. 158). O autor se baseia nessa estrutura para propor também a correção dos demais itens, sempre se ancorando no somatório das ideias

geradas (fluência), o número de categorias a que podem ser atribuídas (flexibilidade) e a infrequência das ideias geradas (originalidade).

Outro teste realizado no Brasil e que também vale ser citado foi elaborado por Carvalho (2015), cujo interesse, entre outros, era estabelecer um teste de criatividade em matemática que pudesse ser aplicado a um grupo de 156 alunos do 5º ano do ensino fundamental. Para cumprir os objetivos de sua pesquisa, o autor estruturou um teste de desempenho criativo composto por cinco itens, seguindo rigorosamente o percurso necessário à sua validação. Abaixo, seguem três itens utilizados na composição de seu teste:

Abaixo temos um conjunto de pontos. O exercício agora consiste em desenhar triângulos diferentes unindo os pontos de modo que dentro de cada triângulo permaneça somente um ponto. Cuide também para que os vértices dos triângulos estejam necessariamente sobre os pontos da malha. Busque desenhar o maior número de triângulos diferentes possíveis:

Figura 8: Malha quadriculada



Observando os retângulos a seguir, desenhe retas horizontais, verticais e inclinadas dividindo esses retângulos em oito partes de tamanhos iguais. Os pedaços não precisam ter a mesma forma, mas precisam necessariamente ter o mesmo tamanho. Busque tantas formas diferentes quanto possíveis para dividir os retângulos. A seguir estão disponíveis alguns retângulos para que você possa dar o maior número de respostas possíveis.

Figura 9: Retângulos



Imagine que você está no recreio da escola. Tem algumas crianças brincando de correr, outras de pular corda, outras pintando. Também tem crianças comprando lanche e outras situações que você imaginar. Pensando nesse cenário, elabore tantos problemas matemáticos quanto você conseguir. Crie problemas bem interessantes. Serão fornecidas linhas suficientes para que você possa criar o maior número de problemas possíveis. Procure, também, elaborar problemas originais, ou seja, pense em problemas que seus colegas não poderiam imaginar.

Nesse teste o autor ainda propõe uma estrutura para o cálculo de um coeficiente relacionado à criatividade no campo da matemática. A estrutura, denominada de CM, tem como base a média aritmética simples entre os escores obtidos no que o autor chama de fluência total (FT), flexibilidade total (FxT) e originalidade total (OT). Assim, $CM = \frac{FT + FxT + OT}{3}$. Cabe destacar que o autor define FT, FxT e OT pela soma dos escores obtidos em todos os itens quanto a fluência, flexibilidade e originalidade, respectivamente.

Acrescentamos ainda que outros testes têm sido elaborados. Dentre eles, destacamos o trabalho de Fonseca, Gontijo e Souza (2015), que apresenta exemplo de item potencialmente ligado à avaliação da criatividade no campo da matemática. A seguir, o referido exemplo e sugestões de possíveis respostas para a questão:

Liste tantas características diferentes quanto puder observar entre um triângulo e uma pirâmide.

TRIÂNGULO	PIRÂMIDE
Objeto bidimensional	Objeto tridimensional
Possui 3 arestas	Possui 6 arestas
Número fixo de arestas: 3	Número variável de arestas
A área total do triângulo equivale à área de sua única face	A área total da pirâmide equivale à soma das áreas de suas diferentes faces.
Número de vértices equivale ao número de arestas	Número de vértices não equivale ao número de arestas.

Os autores defendem que essas soluções podem ser categorizadas para se obter escores em fluência, flexibilidade e originalidade a partir da seguinte descrição:

- a) Fluência: para esse cenário fictício de resposta, a pontuação de fluência seria 5, considerando, por exemplo, a atribuição de 1 ponto a cada ideia adequadamente gerada;

- b) Flexibilidade: ligada à alteração de categoria; dessa forma, a pontuação pode ser contabilizada estabelecendo-se diferentes categorias ou grupos que abarquem as ideias geradas. Por exemplo, pode-se pontuar a tabela de respostas acima com o escore 3, demonstrando que a primeira resposta diz respeito à forma de projeção da figura, a segunda, à área, enquanto as outras respostas se limitam às diferenças constatadas quanto às arestas, sendo as categorias identificadas, portanto: forma de projeção, área e arestas;
- c) Originalidade: para essa quantificação faz-se necessária a aplicação do item a um grupo de sujeitos e conseqüente compilação de suas respostas para, após comparação probabilística, reconhecer o quão (in)frequente é cada ideia sugerida. Para pontuar neste quesito, portanto, se faz necessário a compilação de respostas de grandes grupos (FONSECA; GONTIJO; SOUZA, 2015).

É importante ressaltar que os instrumentos citados, assim como outros elaborados com o mesmo propósito, carregam em sua essência a ideia de provocar no sujeito a elaboração de saídas para determinadas situações e/ou para o cumprimento de determinadas tarefas, configurando aquilo que denominamos problemas, haja vista que são situações e/ou tarefas que incitam à reflexão e à produção de ideias que não podem ser visualizadas instantaneamente.

Outro elemento comum a todos os testes aqui exemplificados é o fato de se constituírem por problemas abertos na medida em que se estruturam a partir de um contexto definido, mas que abrem margem ao pensamento divergente admitindo múltiplas respostas (KWON; PARK; PARK, 2006). Ao mesmo tempo, buscam instigar no sujeito a realização de tarefas não apenas de solução, mas de elaboração e redefinição de problemas. Lembramos que, conforme exposto no capítulo anterior, essa é uma das estratégias para o desenvolvimento da criatividade no campo da matemática.

O questionamento acerca da possibilidade de medição de uma característica tão ampla quanto a criatividade é necessário e ajuda a perceber que esses testes não

possuem condições de avaliá-la em sua completude. No entanto, tais instrumentos buscam mensurar elementos importantes que juntos fazem parte da estrutura do pensamento criativo, o que, de certa forma, permite certa alusão ao potencial criativo do sujeito a partir de suas criações.

Importa ainda perceber que corrigir um teste de criatividade em matemática deve ser visto como uma tarefa criteriosa para que não se considere como criatividade casos de respostas apenas curiosas, diferentes, mas que não se configuram adequadas, atentando para o conceito inicial de criatividade trazido por Alencar (2003). Segundo a autora, a ideia gerada, nesse caso uma resposta a um problema, deve se relacionar à geração de algo que seja novo, ainda que somente para o aluno, mas, sobretudo, útil — o que implica tratar-se de uma resposta apropriada.

Por fim, cabe acrescentar que a criação de instrumentos de medição de criatividade no campo da matemática pode favorecer uma ampliação dos debates acadêmicos sobre o tema. Além disso, possui potencial para contribuir para a definição de estratégias que possam ser utilizadas por professores para melhor compreender seu alunato e buscar formas de trabalho que estimulem suas potencialidades criativas.

Considerações finais

Ao longo deste livro procuramos apresentar aspectos conceituais, metodológicos e avaliativos relacionados à criatividade em matemática. Temos a consciência de que não esgotamos o assunto e de que ainda há um vasto campo a ser pesquisado e investigado nessa área. A título de considerações finais, gostaríamos de reforçar algumas ideias que consideramos importantes para estimular a criatividade dos estudantes.

Ressaltamos, inicialmente, a importância de incentivar a construção de um clima em sala de aula propício à criatividade em matemática, de modo a concorrer para que os estudantes tenham uma vida produtiva e uma jornada agradável no entendimento conceitual da matemática. Além dos aspectos conceituais, as aulas de matemática devem possibilitar o fluir da intuição para que os estudantes possam interagir com os problemas na busca por suas soluções. Como nos diz Poincaré (1911/1995, p. 20), sem a intuição, “os jovens espíritos não poderiam iniciar-se na inteligência da matemática e nem aprenderiam a amá-la, e só veriam nela uma vã logomaquia; sem a intuição, sobretudo, jamais se tornariam capazes de aplicá-la”. Nesse sentido, consideramos que, na organização do trabalho pedagógico das escolas, deveriam ser incluídos entre seus objetivos o estímulo e o desenvolvimento das habilidades criativas. Se os alunos forem capazes de enfrentar as situações de matemática apresentando suas ideias de forma fluente, flexível e original, possivelmente terão melhores condições para enfrentar novos desafios e problemas desconhecidos.

Entretanto, não podemos acreditar que agir apenas no contexto da aprendizagem matemática será suficiente. Se fazem necessárias, em todas as áreas do conhecimento, ações como tratar o indivíduo como um sujeito ativo no processo criativo,

introduzir novas metodologias de ensino e promover intercâmbios entre o indivíduo e o meio ambiente considerando o poder que este exerce sobre as condições para a criação. A partir dessa perspectiva, a criatividade não pode ser entendida isolando os indivíduos e as suas obras de seu contexto, pois “a criatividade não acontece dentro da cabeça das pessoas, mas na interação entre os pensamentos de uma pessoa e um contexto sociocultural. É um processo sistêmico e não um fenômeno individual” (CSIKSZENTMIHALYI, 1996, p. 23).

No espaço escolar, um ambiente que promove a criatividade deve ter as seguintes características: dar tempo para o pensamento criativo; gratificar ideias e produtos criativos; incentivar o aluno a se arriscar na defesa de ideias e projetos; permitir erros; possibilitar que sejam imaginados outros pontos de vista; dar liberdade para que o ambiente seja explorado; encorajar a realização de suposições e questionamentos (STERNBERG; WILLIAMS, 1996); trabalhar com temas de interesses dos estudantes; permitir a elaboração de hipóteses; concentrar-se em ideias gerais em vez de fatos específicos; e subsidiar o desenvolvimento de estratégias metacognitivas (STARKO, 1995).

Vale lembrar também que se, por um lado, temos que estimular a criatividade, por outro, devemos evitar a instalação de barreiras para o seu desenvolvimento. De acordo com Amabile (1989), os processos de avaliação, a competição, as opções restritas, as pressões e a aprendizagem por memorização podem destruir a criatividade na escola. Dudek, Strobel e Runco (1993) examinaram a influência do ambiente escolar sobre o potencial criativo dos alunos e concluíram que o clima global de uma escola influencia significativamente o desempenho dos alunos em testes que medem a criatividade. Os autores também observaram que as dinâmicas sociais que prevalecem em uma sala de aula, compreendendo a relação professor-aluno e as interações entre alunos, também podem ter um impacto sobre a capacidade criativa nesse espaço.

A partir dessas reflexões, ressaltamos a importância do trabalho dos professores e gestores educacionais no planejamento de programas que visem estimular o

desenvolvimento da expressão criativa no campo da matemática nas mais diversas faixas etárias. Em relação aos professores, enfatizamos que tanto sua formação inicial quanto sua formação continuada devem favorecer a apropriação de saberes que vão além do domínio do conhecimento específico em matemática, abrangendo também o domínio de ideias e processos pedagógicos voltados à construção do saber matemático escolar (ALBUQUERQUE; GONTIJO, 2013). Nesse sentido, os programas de formação docente deveriam incluir atividades voltadas para o desenvolvimento da criatividade em matemática como resolução de problemas (GONTIJO, 2007; DANTE, 1988), formulação de problemas (ENGLISH, 1997), redefinição de problemas (HAYLOCK, 1987), modelagem matemática (PEREIRA, 2008), uso do lúdico (CHANG, 2013), dentre outras. Além disso, seria benéfico formar os professores para serem pesquisadores, sendo-lhes requerido um papel ativo na construção do seu próprio desenvolvimento profissional (LIMA, 2009).

Em relação ao desenvolvimento da criatividade, essa formação inicial e continuada deve levar o professor a utilizar as seguintes estratégias de ensino: dar ao aluno *feedback* informativo; relacionar os objetivos do conteúdo às experiências dos alunos; variar as tarefas propostas aos alunos, as técnicas instrucionais e as formas de avaliação; criar um espaço para a divulgação dos trabalhos dos alunos; oferecer aos alunos informações que sejam importantes, interessantes, significativas e conectadas entre si; compartilhar experiências pessoais relacionadas ao tópico estudado; e orientar o aluno a buscar informações adicionais sobre tópicos do seu interesse (ALENCAR; FLEITH, 2003a, p. 142).

Outro elemento que pode contribuir para uma prática docente que favoreça o desenvolvimento da criatividade em matemática é o currículo escolar. Este deve propiciar a todos os estudantes uma formação integral, colaborando para que sejam aprendizes exitosos, indivíduos confiantes e criativos e cidadãos ativos e informados (MODER, 2013). Um aspecto importante a ser destacado no currículo é o estímulo ao desenvolvimento de habilidades criativas como fluência, flexibilidade e originalidade de pensamento. Essas habilidades possibilitarão que

os estudantes reconheçam maneiras sólidas de responder a questões, escolham métodos e aproximações apropriados, relembrem definições e manipulem expressões e equações para encontrar soluções (ACARA, 2013).

A prática dos professores de matemática, de um modo geral, sofre grande influência das sequências dos livros didáticos dessa disciplina. Dante (1996, p. 88) enfatiza que o professor, ao fazer uso dos livros apenas para o ensino de “regras, procedimentos e algoritmos, ao usá-los unicamente e em sua totalidade, limita a possibilidade de descobertas por parte do aluno e, também, de desenvolvimento de pensamento independente, curiosidade intelectual e criatividade”. Como já foi ressaltado, os livros didáticos e demais materiais de apoio para o trabalho com a matemática devem contemplar situações-problema de natureza aberta que favoreçam o desenvolvimento da criatividade (DANTE, 1988; GONTIJO, 2007).

O trabalho pedagógico será ainda mais exitoso se for possível proporcionar salas, ambientes e laboratórios para o ensino da matemática em que haja materiais didáticos, jogos, problemas curiosos, desafios, material de leitura, equipamentos de informática etc., ou seja, ambientes propícios às descobertas dos alunos de modo a favorecer seu pleno desenvolvimento.

Referências

ACARA. *Currículo australiano de matemática, 2013*. Disponível em: <http://porvir.org/wpcontent/uploads/2014/09/CurriculoAustraliano_Matematica.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2015.

AIKEN, Lewis R. Ability and creativity in mathematics. *Review of educational research*, Washington, DC, v. 43, n. 4, p. 405-432, 1973.

ALBUQUERQUE, Leila Cunha; GONTIJO, Cleyton Hércules. A complexidade da formação do professor de matemática e suas implicações para a prática docente. *Espaço pedagógico*, Passo Fundo, v. 20, n. 1, p. 76-87, jan./jun. 2013.

ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. O papel da escola na estimulação do talento criativo. In: FLEITH, D. S.; ALENCAR, E. M. L. S. (Org.). *Desenvolvimento de talentos e altas habilidades: orientação a pais e professores*. Porto Alegre: Artmed, 2007. p. 151-161.

_____. O perfil do professor facilitador e do professor inibidor da criatividade segundo estudantes de pós-graduação. *Boletim da Academia Paulista de Psicologia*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 84-95, 2000.

_____. *Como desenvolver o potencial criador: um guia para a liberação da criatividade em sala de aula*. Petrópolis: Vozes, 1990.

ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. Inventário de práticas docentes que favorecem a criatividade no ensino superior. *Psicologia, reflexão e crítica*, Porto Alegre, v. 17, p. 105-110, 2004.

_____. *Criatividade: múltiplas perspectivas*. 2. ed. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2003a.

_____. Contribuições recentes ao estudo da criatividade. *Psicologia: teoria e pesquisa*, Brasília, v.19, n. 1, p. 1-8, jan./abr. 2003b.

ALENCAR, Eunice. Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza; VIRGOLIM, Ângela Márgda Rodrigues. Fatores inibidores à criatividade em estudantes universitários e professores. In: GUZZO, R. S. L. et al. (Org.). *O futuro da criança na escola, família e sociedade*. Campinas: Editora Átomo, 1995. p. 105-109.

ALMOULOUD, Saddo Ag. *Fundamentos da didática da matemática*. Curitiba: Editora UFPR, 2007.

AMABILE, Teresa M. *The social psychological of creativity*. Nova York: Springer, 1983.

_____. *Growing up creative*. Buffalo, NY: The Creative Education Foundation Press, 1989.

_____. Beyond talent: John Irving and the passionate craft of creativity. *American psychologist*, Washington, DC, v. 56, n. 4, p. 333-336, 2001.

_____. *Componential theory of creativity*. Harvard Business School Working Paper. Boston, Massachusetts, 2012.

BAHAR, A. Kadir; MARKER, C. June. Exploring the relationship between mathematical creativity and mathematical achievement. *Asia-Pacific journal of gifted and talented education*, Pequim, v. 3, n. 1, p. 33-48, 2011.

BALKA, Don Stephen. *The development of an instrument to measure creative ability in mathematics*. 1974. 228 f. Tese (Doutorado em Educação, Currículo e Desenvolvimento) – Faculty of the Graduate School, University of Missouri, Columbia, EUA.

BOLDEN, David. S.; HARRIES, Tony V.; NEWTON, Douglas P. Pre-service primary teachers conceptions of creativity in mathematics. *Educational studies in mathematics*, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 143-157, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEMT, 1999.

_____. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática (5ª a 8ª séries)*. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática (1ª a 4ª séries)*. Brasília: MEC/SEF, 1997.

_____. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei número 9.394, de 20 dez. 1996.

BROUSSEAU, Guy. Os diferentes papéis do professor. In: PARRA, Cecília.; SAIZ, Irma (Org.). *Didática da matemática: reflexões psicopedagógicas*. Porto Alegre: Artmed, 1996. p. 48-72.

_____. Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, Grenoble: La Pensée Sauvage-Éditions, v. 4, n. 2, p. 164-198, 1983.

CARVALHO, Alexandre Tolentino. *Relações entre criatividade, desempenho escolar e clima para criatividade nas aulas de matemática de estudantes do 5º ano do ensino fundamental*. 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília.

CHANG, Cheng-Ping. Relationships between playfulness and creativity among students gifted in mathematics and science. *Creative education*, Hubei Province, v. 4, n. 2, p. 101-109, 2013.

CRUZ RAMIREZ, Miguel. A mathematical problem-formulating strategy. *International journal for mathematics teaching and learning*, Plymouth, v. 10, s/n, p. 1-18, dez. 2006.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Fluir – A psicologia da experiência ótima: medidas para melhorar a qualidade de vida*. Lisboa: Relógio D' Água, 2002.

_____. *Creativity: flow and the psychology of discovery and invention*. Nova York: HarperCollins, 1996.

_____. Society, culture, and person: a systems view of creativity. In: Sternberg, Robert J. (Org.). *The nature of creativity*. Nova York: Cambridge University Press, 1988. p. 325-339.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. Um enfoque transdisciplinar à educação e à história da matemática. In: BICUDO, Maria Aparecida V.; BORBA, Marcelo de Carvalho (Orgs.). *Educação matemática: pesquisa em movimento*. São Paulo: Cortez, 2004. p. 13-29.

DACEY, John; CONKLIN, Wendy. *Creativity and the standards*. Huntington Beach: Shell Education, 2013.

DANTE, Luiz Roberto. *Criatividade e resolução de problemas na prática educativa de matemática*. 1988. 192 f. Tese (Livre docência) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.

DANTE, Luiz Roberto. *Aprendendo sempre: matemática, 3º ano*. São Paulo: Ática, 2008.

_____. Livro Didático de matemática: uso ou abuso? *Em Aberto*, Brasília, n. 69, p. 82-97, jan/mar. 1996.

DE BONO, Edward. *Criatividade levada a sério: como gerar ideias produtivas através do pensamento lateral*. Tradução de Nivaldo Montingelli Jr. São Paulo: Pioneira, 1994.

- DUDEK, Stephanie Z.; STROBEL, M. G.; Runco, Mark A. Cumulative and proximal influences of the social environment on creative potential. *Journal of genetic psychology*, Abingdon, v. 154, n. 4, p. 487-499, 1993.
- DUNN, James A. Tests of creativity in mathematics. *International journal of mathematical education in science and technology*, Londres, v. 6, n. 3, p. 327-332, 1975.
- ELLERTON, Nerida F. Children's made-up mathematics problems: a new perspective on talented mathematicians. *Educational Studies in mathematics education*, Amsterdam, v. 17, n. 3, p. 261-271, 1986.
- ENGLISH, Lyn D. The development of fifth-grade children's problem-posing abilities. *Educational studies in mathematics*, Amsterdam, v. 34, n. 3, p. 183-217, 1997.
- ERVYNCK, Gontran. Mathematical creativity. In: TALL, David (Org.). *Advanced mathematical thinking*. Boston: Kluwer Academic, 1991. p. 42-53.
- FARIAS, Mateus Pinheiro. *Criatividade em matemática: Um modelo preditivo considerando a percepção de alunos do ensino médio acerca das práticas docentes, a motivação para aprender e o conhecimento em relação à matemática*. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília.
- FETTERLY, James M. *An exploratory study of the use of a problem-posing approach on pre-service elementary education teachers' mathematical creativity, beliefs and anxiety*. 2010. 99 f. Dissertation – Florida State University, School of Teacher Education, Tallahassee.
- FLEITH, Denise de Souza. A promoção da criatividade no contexto escolar. In: Virgolim, A. M. R. (Org.). *Talento criativo: expressão em múltiplos contextos*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007. p. 143-157.

FLEITH, Denise de Souza; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Escala sobre o clima para criatividade em sala de aula. *Psicologia: teoria e pesquisa*, Brasília, v. 21, n. 1, p. 85-91, jan./abr. 2005.

FONSECA, Mateus Gianni. Construção e validação de instrumento de medida de criatividade no campo da matemática para estudantes concluintes da educação básica. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília.

FONSECA, Mateus Gianni; GONTIJO, Cleyton Hércules; SOUZA, Juliana Campos Sabino. Criatividade no campo da matemática: como identificar e medir? In: 4º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. Ilhéus: 2015, p. 2306-2311.

FOSTER, John. An exploratory attempt to assess creative ability in mathematics. *Primary teacher*, New Delhi, v. 8, n. 2, p. 2-8, 1970.

FRENSCH, Peter A.; STERNBERG, Robert J. Expertise and intelligent thinking: when is it worse to know better? In: Sternberg R. J. (Ed.). *Advances in the psychology of human intelligence*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1989. V. 5, p. 157-188.

GARDNER, Howard. *Creating minds*. Nova York: Basic Books, 1993.

GONTIJO, Cleyton Hércules. *Relações entre criatividade, criatividade em matemática e motivação em matemática de alunos do ensino médio*. 2007. 194 f. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, Brasília.

_____. Estratégias para o desenvolvimento da criatividade em matemática. *Linhas Críticas*, Brasília, v. 12, n. 23, p. 229-244, jul./dez. 2006.

- GONTIJO, Cleyton Hércules; SILVA, Erondina Barbosa; CARVALHO, Rosália Policarpo Fagundes. A criatividade e as situações didáticas no ensino e aprendizagem da matemática. *Linhas críticas*, Brasília, v. 18, n. 35, p. 29-46, 2012.
- GOSWAMI, Amit. *Criatividade para o século 21: uma visão quântica para a expansão do potencial criativo*. Tradução de Saulo Krieger. São Paulo: ALEPH, 2012.
- HADAMARD, Jacques. *The psychology of invention in the mathematical field*. Mineola: Dover, 1954.
- HADAMARD, Jaques. *Psicologia da invenção matemática*. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1963/2009.
- HARPEN, Xianwei Y. Van; SRIRAMAN, Bharath. Creativity and mathematical problem posing: an analysis of high school students' mathematical problem posing in China and the USA. *Education studies in mathematics*, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 201-221, 2013.
- HASHIMOTO, Yoshihiko. The methods of fostering mathematical creativity through problem solving. *International journal on mathematics education*, Berlim, v. 29, n. 3, p. 86-87, jun. 1997.
- HAYLOCK, Derek W. A framework for assessing mathematical creativity in school children. *Educational studies in mathematics*, Amsterdam, v. 18, p. 59-74, 1987.
- HAYLOCK, Derek W. Recognizing mathematical creativity in schoolchildren. *International journal on mathematics education*, Berlim, v. 29, n. 3, p. 68-74, jun. 1997.
- KANDEMIR, Mehmet Ali; GÜR, Hulya. Creativity training in problem solving: a model of creativity in mathematics teacher education. *New horizons in education*, Sakarya, Turquia, v. 55, n. 3, p. 107-122, dez. 2007.

KATTOU, Maria; KONTOYIANNI, Katerina; PITTA-PANTAZI, Demetra; CHRISTOU, Constantinos; CLEANTHOUS, E. Connecting mathematical creativity to mathematical ability. *International journal on mathematics education*, Berlim, v. 45, n. 2, p. 167-181, 2013.

KAUFMAN, James C.; BEGHETTO, Ronald A. Beyond big and little: the four C model of creativity. *Review of general psychology*, Washington, DC, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2009.

_____. Toward a broader conception of creativity: a case for “mini-c” creativity. *Psychology of aesthetics, creativity, and the arts*, Washington, DC, v. 1, n. 2, p. 3-79, 2007.

KILPATRICK, Jeremy. Problem formulating: where do good problem come from? In: SCHOENFELD, Allan. *Mathematical problem solving*. Nova York: Academic Press, 1987. p. 123-148.

KRUTETSKII, Vadim, A. *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. Chicago: The University of Chicago Press, 1976.

KWON, Oh Nam; PARK, Jung Sook; PARK, Jee Hyun. Cultivating divergent thinking in mathematics through an open-ended approach. *Asia Pacific education review*, Seul, v. 7, n. 1, p. 51-61, 2006.

LEE, Kang Sup; HWANG, Dong-jou; SEO, Jong Jin. A development of the test for mathematical creative problem solving ability. *Journal of the Korea society of mathematical education*, Seul, v. 7, n. 3, p. 163-189, 2003.

LEIKIN, Roza. Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In: LEIKIN, Roza; BERMAN, Abraham; KOICHU, Boris (Ed.). *Creativity in mathematics and the education of gifted students*. Rotterdam: Sense Publishers, 2009. p. 129-145.

_____. Habits of mind associated with advanced mathematical thinking and solution spaces of mathematical tasks. Conference of the European Society for Research in Mathematics Education, 5. 2007, Lanarca, 2007, páginas.

LEIKIN, Roza; SUBOTNIK, Rena; PITTA-PANTAZI, Demetra; SINGER, Florence Mihaela; PELCZER, Ildiko. Teachers' views on creativity in mathematics education: an international survey. *The international journal on mathematics education*, Berlim, v. 45, n. 2, p. 309-324, 2013.

LEIKIN, Roza; LEVAV-WAYNBERG, Anat.; Guberman, RAISA. Employing multiple solution tasks for the development of mathematical creativity: two comparative studies. In: *Proceedings of CERME 7*, University of Rzeszów, Rzeszow, Poland, jan./feb. 2009.

LEV-ZAMIR, Hana; LEIKIN, Roza. Saying versus doing: teachers' conceptions of creativity in elementary mathematics teaching. *The international journal on mathematics education*, Berlim, v. 45, n. 2, p. 295-308, 2013.

LEVAV-WAYNBERG, Anat; LEIKIN, Roza. The role of multiple solution tasks in developing knowledge and creativity in geometry. *Journal of mathematical behavior*, Amsterdam, v. 31, p. 73-90, 2012.

LIMA, Iranete Maria da Silva. Prática docente: conhecimentos que influenciam as decisões didáticas tomadas por professores. In: DIAS, A. A; MACHADO, Charliton José dos Santos; NUNES, M. L. S. (Org.). *Educação, direitos humanos e inclusão social: currículo, formação docente e diversidades socioculturais*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009. p. 51-67.

LIVNE, Nava L.; MILGRAN, Roberta M. Academic versus creative abilities in mathematics: two components of the same construct? *Creativity research journal*, Abingdon, v. 18, n. 2, p. 199-212, 2006.

_____. Assessing four levels of creative mathematical ability in Israeli adolescents utilizing out-of-school activities: a circular three-stage technique. *Roeper review*, Lawrenceville, NJ, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2000.

LIVNE, Nava L.; LIVNE, Oren E.; MILGRAN, Roberta. Assessing academic and creative abilities in mathematics at four levels of understanding. *International journal of mathematical education in science & technology*, London, v. 30, n. 2, p. 227-243, 1999.

LUBART, Todd. *Psicologia da criatividade*. Porto Alegre: Artmed, 2007.

MAKIEWICZ, Malgorzata. The role of photography in developing mathematical creativity in students at elementary and practical levels. In: International Congress on Mathematical Education, 10., Copenhagen (Suíça), jul. 2004. *Anais...* Copenhagen, 2004.

MANN, Eric Louis. The search for mathematical creativity: identifying creative potential in middle school students. *Creativity research journal*, London, v. 21, n. 4, p. 338-348, 2009.

_____. Creativity: the essence of mathematics. *Journal for the education of the gifted*, London, v. 30, n. 2, p. 236-260, 2006.

_____. *Mathematical creativity and school mathematics*: indicators of mathematical creativity in middle school students. 2005. 130 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Universidade de Connecticut, Connecticut.

MARTINS, Úgna Pereira. *Matemática: que bicho papão é esse?* 1999. 203 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

MITJÁNS MARTÍNEZ, Albertina. Aprendizagem criativa: uma aprendizagem diferente. In: MITJÁNS MARTÍNEZ, Albertina; SCOZ, Beatriz Judith Lima; CASTANHO, Marisa Irene Siqueira. (Org.). *Ensino e aprendizagem: a subjetividade em foco*. Brasília: Liber Livros, 2012. p. 85-109.

_____. Criatividade no trabalho pedagógico e criatividade na aprendizagem: uma relação necessária? In: TACCA, Maria Carmen V. R. (Org.). *Aprendizagem e trabalho pedagógico*. Campinas, SP: Editora Alínea, 2008.

_____. O outro e sua significação para a criatividade: implicações educacionais. In: SIMÃO, Livia Mathias; MITJÁNS MARTÍNEZ, Albertina (Org.). *O outro no desenvolvimento humano: diálogos para a pesquisa e a prática profissional em psicologia*. São Paulo: Thomson, 2004. p. 77-99.

_____. A criatividade na escola: três dimensões de trabalho. *Linhas Críticas*, Brasília, v. 8, n. 15, p. 189-206, 2002.

MODER, Maximiliano. *Desenhos curriculares internacionais: cinco experiências para reflexões sobre o sistema educacional brasileiro*. Melbourne: Benchmark Internacional, 2013. (Série Estudos e Pesquisas, 5).

MORAIS, Regis de. Entre a jaula de aula e o picadeiro de aula. In: MORAIS, Regis (Org.). *Sala de aula: que espaço é esse?* 3. ed. Campinas: Papirus, 1988. p. 15-26.

MUNIZ, Cristiano Alberto. Diversidade dos conceitos das operações e suas implicações nas resoluções de classes de situações. In: GUIMARÃES, Gilda; BORBA, Rute (Org.). *Reflexões sobre o ensino de matemática nos anos iniciais de escolarização*. Recife: SBEM, 2009a.

_____. A produção de notações matemáticas e seu significado. In: FÁVERO, Maria Helena; CUNHA, Célio (Org.). *Psicologia do conhecimento: o diálogo entre as ciências e a cidadania*. Brasília: Liber Livros, 2009b. p. 115-143.

National Advisory Committee on Creative and Cultural Education (Inglaterra). *All our futures: creativity, culture and education*. Londres: DFEE, 1999.

NAKANO, Tatiana Cássia; WECHSLER, Solange Muglia. Identificação e avaliação do talento criativo. In: FLEITH, Denise de Souza; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano (Org.), *Desenvolvimento de talentos e altas habilidades: orientação a pais e professores*. Porto Alegre: Artmed, 2007. p. 87-98.

NOVAES, Maria Helena. *Psicologia da criatividade*. Rio de Janeiro: Vozes, 1977.

OTAVIANO, Alessandra Barbosa Nunes. *Percepção de alunos de ensino médio quanto ao estímulo à criatividade por seus professores e motivação em matemática*. 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília.

PAIS, Luiz Carlos. *Didática da matemática: uma análise da influência francesa*. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

PARNES, Sidney J. Idea-stimulation techniques. In: PARNES, Sidney J.; NOLLER Ruth B.; BIONDI, Angelo M. (Org.) *Guide to creative action*. Nova York: Scribner's. 1977.

PASQUALI, Luiz Carlos. *Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação*. Petrópolis: Vozes, 2003.

PASQUALI, Luiz Carlos. *Histórico dos instrumentos psicológicos*. 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/64819811/LUIS-PASQUALI>>. Acesso em: 13 set. 2013.

PELCZER, Ildikó. Problem posing in the classroom and its relation to mathematical creativity and giftedness. In: International Congress on Mathematics Education, 11., TG6: Activities and Programs for Gifted Students, 2008, Monterrey.

PEREIRA, Emanueli. A modelagem matemática e suas implicações para o desenvolvimento da criatividade. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR.

- PERKINS, David. *Banheira de Arquimedes: como os grandes cientistas usaram a criatividade e como você pode desenvolver a sua*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.
- PITTA-PANTAZI, Demetra; SOPHOCLEOUS, Paraskevi; CHRISTOU, Constantinos. Spatial visualizers, object visualizers and verbalizers: their mathematical creative abilities. *The international journal on mathematics education*, Berlim, v. 45, n. 2, p. 199-213, 2013.
- POINCARÉ, Henry. *O valor da ciência*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1911/1995. p. -25.
- _____. A invenção matemática. In: ABRANTES, Paulo; LEAL, L. C.; PONTE, João Pedro. (Org.). *Investigar para aprender matemática*. Lisboa: Projecto MPT e APM, 1908/1996, p. 15-26.
- POPOVA, Maria. The art of thought: Graham Wallas on the four stages of creativity. Brain Picking, 2013. Disponível em: <<http://www.brainpickings.org/index.php/2013/08/28/the-art-of-thought-graham-wallasstages>>. Acesso em: 15 nov. 2013.
- PROCTOR, Tony. *Creative problem solving for managers: developing skills for decision making and innovation*. 3. ed. Oxford: Taylor & Francis, 2010.
- SANTOS, Neide Antonia Pessoa; DINIZ, Maria Ignez de S. V. As concepções dos alunos ao final da escola básica podem explicar porque eles não querem aprender. In: Encontro Nacional de Educação matemática, 8., 2004, Recife. *Anais...* Recife: SBEM/UFPE, 2004.
- SCHOENFELD, Alan H. Reflections on problem solving theory and practice. *The Mathematics Enthusiast*, Montana, v. 10, n.1-2, p. 9-34, 2013.
- SHEFFIELD, Linda J. Creativity and school mathematics: some modest observations. *The International Journal on Mathematics Education*, Berlim, v. 45, n. 2, p. 325-332, 2013.

SILVEIRA, Marisa Rosâni Abreu. Matemática é difícil. In: Reunião Anual da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Educação, 25., 2002, Caxambu. *Anais...* Caxambu, 2002. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/25/marisarosaniabreusilveirat19.rtf>>. Acesso em: 2 jan. 2005.

SILVER, Edward A; CAI, Jinfu. Assessing students' mathematical problem posing. *Teaching Children Mathematics*, Reston, v. 12, n. 3, p. 129-135, out. 2005.

SILVER, Edward A.; CAI, Jinfu. An analysis of arithmetic problem posing by middle school students. *Journal for Research in Mathematics Education*, Reston, VA, v. 27, n. 5, p. 521-539, 1996.

SIMONTON, Dean Keith. *Genius, creativity and leadership: historiometric inquiries*. Cambridge: Harvard University Press, 1984.

SINGH, B. The development of test to measure mathematical creativity. *International journal of mathematical education in science and technology*, London, v. 18, n. 2, p. 181-186, 1987.

SRIRAMAN, Bharath. The characteristics of mathematical creativity. *The international journal on mathematics education*, Berlim, v. 41, n. 1, p. 13-27, 2009.

_____. Are giftedness and creativity synonyms in mathematics? *The journal of secondary gifted education*, Waco, TX, v. 17, n. 1, p. 20-36, 2005.

_____. The characteristics of mathematical creativity. *The mathematics educator*, Athens, GA, v. 14, n. 1, p. 19-34, 2004.

STARKO, Alane Jordan. *Creativity in the classroom*. White Plains, NY: Longman, 1995.

STERLING, Anne. Human creativity and chaotic dynamics. In: Ambrose, Don; Cohen, Leo; Nora M.; Tannenbaum, Abraham. J. (Org.), *Creative intelligence*. Cresskill, NJ: Hampton Press, 2003. p. 147-177.

STERNBERG, Robert J. The nature of creativity. *Creativity research journal*, London, v. 18, n. 1, p. 87-98, 2006.

STERNBERG, Robert J.; LUBART, Todd. An investment theory of creativity and its development. *Human development*, Berkeley, v. 34, n. 1, p. 1-31. 1991.

STERNBERG, Robert J.; WILLIAMS, Wendy M. *How to develop student creativity*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 1996.

STERNBERG, Robert J.; GRIGORENKO, Elena L. *Inteligência plena: ensinando e incentivando a aprendizagem e a realização dos alunos*. Tradução de Maria Adriana Veríssimo Veronese. Porto Alegre: Artmed, 2003.

TOBIAS, Sheila. Fostering creativity in the science and mathematics classroom. In: Conference at National Science Foundation, 2004, Malásia. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <<http://www.wpi.edu/News/Events/SENM/tobias.ppt>>. Acessado em: 10 set. 2005.

TORRE, Saturnino de la. *Dialogando com criatividade: da identificação à criatividade paradoxal*. São Paulo: Madras, 2005.

VASCONCELOS, Marcelo Camargos de. *Um estudo sobre o incentivo e o desenvolvimento do raciocínio lógico dos alunos através da estratégia da resolução de problemas*. 2002. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VIRGOLIM, Ângela Mágda Rodrigues. Uma proposta para o desenvolvimento da criatividade na escola, segundo o modelo de Joseph Renzulli. In: VIRGOLIM, Ângela Mágda Rodrigues (Org.). *Talento criativo: expressão em múltiplos contextos*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007. p. 159-185.

WALLAS, Graham. *The art of thought*. Nova York: Harcourt Brace, 1926.

WECHSLER, Solange Muglia. Criatividade na cultura brasileira: uma década de estudos. *Psicologia: teoria, investigação e prática*, Braga, v. 6, n. 1, p. 215-227, 2001.

YEVDOKIMOV, Oleksiy. On development of students' abilities in problem posing: a case of plane geometry. In: Mediterranean Conference on Mathematics Education, 4., 2005, Palermo. *Anais...*, Palermo, 2005. p. 255-267.

Sobre os autores

CLEYTON HÉRCULES GONTIJO

Professor do Departamento de Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Brasília

Licenciado em Ciências e Matemática e doutor em Psicologia

ALEXANDRE TOLENTINO DE CARVALHO

Professor da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal

Pedagogo, mestre e doutorando em Educação

MATEUS GIANNI FONSECA

Professor do Instituto Federal de Brasília

Licenciado em Matemática e mestre e doutorando em Educação

MATEUS PINHEIRO DE FARIAS

Professor da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal

Licenciado em Matemática e mestre e doutorando em Educação

Este livro foi composto em UnB Pro e Liberation Serif no formato 160 x 230 mm, e impresso no sistema *offset*, sobre papel *offset* 75g/m², com capa em papel cartão supremo 250 g/m².

Criatividade em matemática

conceitos, metodologias e avaliação

O livro *Criatividade em matemática: conceitos, metodologias e avaliação* traz um panorama das pesquisas acerca da criatividade em matemática, apresentando conceitos e estratégias didáticas para favorecer seu desenvolvimento e, ainda, critérios para a análise das produções dos estudantes a fim de identificar seu potencial criativo em matemática. A importância dessa discussão reside no fato de a matemática ser tratada, paradoxalmente, como uma área difícil, impossível de aprender, restrita aos gênios e, ao mesmo tempo, ser reconhecida como fundamental no processo de desenvolvimento científico e tecnológico, além de ser requisitada para a admissão nas principais instituições de ensino e na maioria das ocupações profissionais. Nesse sentido, as reflexões proporcionadas pelo texto do livro poderão colaborar para a construção de propostas pedagógicas para as aulas de matemática com vistas à superação das representações negativas relacionadas à disciplina, bem como possibilitar uma nova dinâmica na forma de tratar os conteúdos de matemática e as relações entre professores e estudantes. O texto evidencia a resolução, formulação e redefinição de problemas como estratégias didáticas para orientar o trabalho pedagógico com vistas ao desenvolvimento da criatividade em matemática. Trata-se de uma obra original no cenário brasileiro, que contribui significativamente para a divulgação de estudos e pesquisas no campo da criatividade em matemática.



EDITORA



UnB

ISBN 978-85-230-1019-5



9 788523 010195