

Ambientes tecnológicos para o desenvolvimento da criatividade em Matemática em contextos exploratórios

ARTUR COELHO, ISABEL CABRITA

INTRODUÇÃO

A criatividade, como capacidade transversal a todas as áreas do conhecimento, tem sido sistematicamente cerceada pelos sistemas educativos do mundo industrializado (Amabile & Pillemer, 2012). Por outro lado, diversas investigações sustentam que a Matemática continua a ser ensinada à revelia de um modelo exploratório (Stein, Engle, Smith, & Hughes, 2008), não se dando oportunidade aos alunos de realizar e discutir tarefas matemáticas desafiantes que promovam, designadamente, o raciocínio matemático, a comunicação e a criatividade.

Relativamente às Tecnologias da Comunicação, não obstante as vantagens que se lhes reconhecem, não se observou, ainda, uma transformação assinalável ao nível da sala de aula designadamente porque pode perturbar o processo educativo e/ou dificultar a sua gestão (Galluch & Thatcher, 2011).

Neste contexto, um *Classroom Management System* [CMS], ao permitir gerir as atividades desenvolvidas, colaborativamente, por recurso a dispositivos tecnológicos contribui positivamente para a melhoria do ensino e da aprendizagem da matemática. Em particular, pode ser um instrumento de desenvolvimento da criatividade (Zagalo & Branco, 2015) e promover atitudes mais favoráveis em relação à Matemática.

APONTAMENTOS TEÓRICOS

Como se explicita em Coelho (2013; 2015), muitos ainda veem a criatividade associada à genialidade e ao talento individual raro e inato de uns quantos indivíduos excepcionais, pelo que não poderia ser ensinada. Numa visão contrastante, defende-se que está associada a um conhecimento profundo e flexível dos conteúdos, implicando grande trabalho e reflexão e constituindo-se uma característica dinâmica do desenvolvimento pessoal. Tais entendimentos responsabilizam as instituições de ensino em geral e os seus professores em particular, pelo seu desenvolvimento. Um elemento comum nas diferentes conceções é o aparecimento de algo novo, ou a reelaboração de produtos ou ideias já existentes.

Relativamente à criatividade em Matemática, diversos autores (e.g. Leikin, 2009) consideram que se caracteriza por: fluência — que traduz a quantidade de ideias distintas produzidas sobre um mesmo assunto; flexibilidade — indicador da habilidade para alterar o pensamento ou conceber diferentes categorias de respostas; originalidade — que representa o carácter pouco frequente ou incomum de uma dada resposta e elaboração — que espelha a quantidade de detalhes de uma determinada ideia. A flexibilidade é determinante no sucesso em Matemática e esta dimensão permite aos alunos a utilização de diferentes abordagens na

resolução de um problema. Por outras palavras, permite pensar de maneiras diferentes com vista a encontrar formas diferenciadas, incomuns, de resolver problemas e encontrar diferentes resoluções originais ou ótimas. A capacidade de produzir um grande número de ideias diferentes — fluência — sobre um mesmo assunto matemático carece da utilização de conhecimentos básicos sólidos e da habilidade para se estabelecerem múltiplas associações e para se realizar conexões entre os diferentes assuntos e áreas. A originalidade espelha a capacidade de pensar de forma única, produzindo ideias novas, singulares, ou radicalmente diferentes.

Para se potenciar a expressão da criatividade, é fundamental: fortalecer traços de personalidade dos alunos — autoconfiança, curiosidade, persistência, independência de pensamento, coragem para explorar situações novas e lidar com o desconhecido; ajudar a desfazer bloqueios emocionais — o medo de errar e ser criticado, insegurança e complexo de inferioridade e implementar atividades desafiantes que criem oportunidades de atuação criativa. Assim, a resolução e a formulação de problemas em Matemática estão profundamente relacionadas com a criatividade e o seu desenvolvimento passa pela criação de um ambiente de sala de aula que permita aos alunos integrarem as dimensões da criatividade nos seus trabalhos e questionarem, refletirem, mudarem e recriarem. É ainda necessário encorajar o risco e aceitar o erro e recompensar as ideias e produtos criativos.

A criatividade pode ser avaliada a partir da medição das quatro dimensões referidas por Sternberg (2012). A fluência pode ser medida através do número de soluções obtidas pelo aluno para uma determinada tarefa; a flexibilidade, pelo número de abordagens diferentes que o aluno concretiza; a originalidade, por comparação com o número de alunos, no grupo, que poderia produzir essa mesma solução; e a elaboração, através dos pormenores na resolução de tarefas e nível da discussão matemática.

A grande importância que se atribui ao desenvolvimento da criatividade, em particular na matemática, parece não ter correspondência com uma mudança nas práticas educativas fruto, designadamente, de um conhecimento insuficiente dos professores sobre abordagens favoráveis à sua promoção. Em oposição à tradicional prática pedagógica diretiva, mecanizada e processual, surge o conceito de ensino exploratório (Stein *et al.*, 2008). Centrado nas aprendizagens, favorece a interação dos alunos com o conheci-

mento no âmbito de uma atividade matemática durante a qual levantam questões, formulam, exploram, testam e discutem diferentes conjecturas, a partir das suas experiências prévias, e negociam novos significados. Esse ensino mais conceptual, de cariz exploratório e de inquirição matemática, admite quatro fases: (1) «lançamento» de tarefas desafiantes e diversificadas; (2) exploração pelos alunos da tarefa e das suas resoluções substituindo-se a «exposição» pelo diálogo e pela descoberta; (3) apresentação e discussão das mesmas; e (4) síntese que maximize a atividade matemática e a compreensão dos alunos.

A constituição de ambientes propícios ao ensino exploratório na sala de aula de Matemática exige que o professor reflita sobre como explorar o potencial intrínseco de cada uma das tarefas criteriosamente selecionadas e/ou (re)criadas e implemente e gira estratégias didáticas que incentivem os alunos a procurar resoluções e respostas incomuns e originais para tais tarefas. Finalmente, deve gerir adequadamente o momento de apresentação e discussão das diversas (re)soluções. Se os momentos de confronto e discussão constituem excelentes oportunidades para os alunos, são extremamente desafiantes para o professor, que deve gerir todo o processo de forma expedita e equilibrada.

Se este ambiente contiver elementos tecnológicos, como o defendem diversos autores (Castells, 2007), sustentados nas mais recentes perspetivas de aprendizagem, então esta gestão torna-se mais complexa.

No caso particular da abordagem da Geometria, começa a ser vulgarizada a integração de Ambientes Dinâmicos de Geometria Dinâmica (ADGD's), como por exemplo o GeoGebra, ao qual se reconhece imensas potencialidades (Cabrera, Neto, Breda & Santos, 2013).

Paralelamente ao discurso relativo aos benefícios da utilização da tecnologia no processo educativo, surgem preocupações com utilizações perniciosas que podem perturbar gravemente o processo educativo (Galluch & Thatcher, 2011). De facto, diferentes aulas decorrem em laboratórios TIC com diversos terminais ligados em rede e à Internet ou com acesso a dispositivos *mobile* e quadros interativos, difíceis de controlar.

Para não se comprometer a imprescindível comunicação entre todos os intervenientes, principalmente num contexto de ensino e de aprendizagem exploratórios de resolução de tarefas matemáticas desafiantes com recurso a ferramentas tecnológicas, deverá ser utilizado um CMS como ferramenta de mediação do processo educativo. A sua utilização

torna possível: i) aumentar o grau de envolvimento dos alunos nas tarefas; ii) aumentar o grau de colaboração, cooperação e partilha; (iii) manter os alunos focados nas tarefas e iv) acompanhar, de forma simples e eficaz o trabalho desenvolvido.

Uma alternativa *open source*, e por isso gratuita, é o iTALC — *Intelligent Teaching And Learning with Computers* que permite ao professor monitorizar, a partir do seu próprio posto, qualquer estação de trabalho da sua rede. Permite ainda demonstrações e controlo remoto dos terminais na rede local e até mesmo dos computadores de alunos em suas casas.

UM ESTUDO DE CASO EM AMBIENTE TECNOLÓGICO NUM CONTEXTO EXPLORATÓRIO

Desenvolveu-se, recentemente (Coelho, 2013), um estudo que perseguiu como principal finalidade analisar a influência da imersão em ambientes tecnológicos (aliando o GeoGebra, instrumentos tradicionais e o iTALC) num contexto de ensino e aprendizagem exploratórios, no desenvolvimento de competências matemáticas, tecnológicas e da criatividade.

Envolveu uma turma do 2.º Ciclo do Ensino Básico e, em particular, três grupos de alunos: G1, constituído por Catarina; G2, constituído por Tiago e Luísa e G3, composto por Gabriela e Francisca^[1]. O professor/investigador, co-autor deste artigo conduziu todos os acontecimentos relacionados com a investigação.

Foi estruturada uma sequência de tarefas de complexidade, matemática e técnica, crescente, com carácter exploratório, testadas e validadas previamente, sobre o tópico Refle-

xão, rotação e translação, no âmbito do tema Geometria e Medida. A sua resolução apelava ao uso do GeoGebra e de instrumentos tradicionais como régua, esquadro e compasso.

Tais tarefas foram implementadas de acordo com as fases identificadas no contexto do ensino exploratório. No âmbito da 2.ª fase, os alunos, no geral organizados em pequenos grupos, realizavam as tarefas de forma autónoma mas monitorizados pelo professor, que os acompanhava «diretamente» nas atividades em ambiente de *papel e lápis*, ou através do iTALC, quando usavam o computador. O ecrã da estação de trabalho do professor, que continha o *master* desse CMS, estava a ser permanentemente projetado no quadro interativo de modo a que todos os alunos pudessem seguir, em tempo real, as ações que decorriam em todos os computadores da sala (figura 1).

Na 3.ª fase da aula, os alunos apresentavam os resultados das suas explorações num exercício de confronto e discussão coletiva. Em relação às tarefas executadas no computador, a comunicação era mediada pelo iTALC que permitia a projeção, para toda a turma, do ecrã da estação de trabalho de cada grupo de alunos, no quadro interativo. Estes partilhavam as suas ideias e os seus pontos de vista e recebiam o feedback de colegas e do professor.

PRINCIPAIS RESULTADOS

No âmbito deste artigo, os resultados apresentados focam-se na criatividade. Os resultados recolhidos permitem constatar a importância que os alunos atribuíram à abordagem tecnológica do tópico, à natureza das tarefas e à forma como foram resolvidas e discutidas, que consideraram determinantes para o desenvolvimento da criatividade.



Figura 1.—O *master* do iTALC no desktop do terminal do professor



Tarefa III: No GeoGebra, cria uma composição a teu gosto, aplicando diferentes rotações.

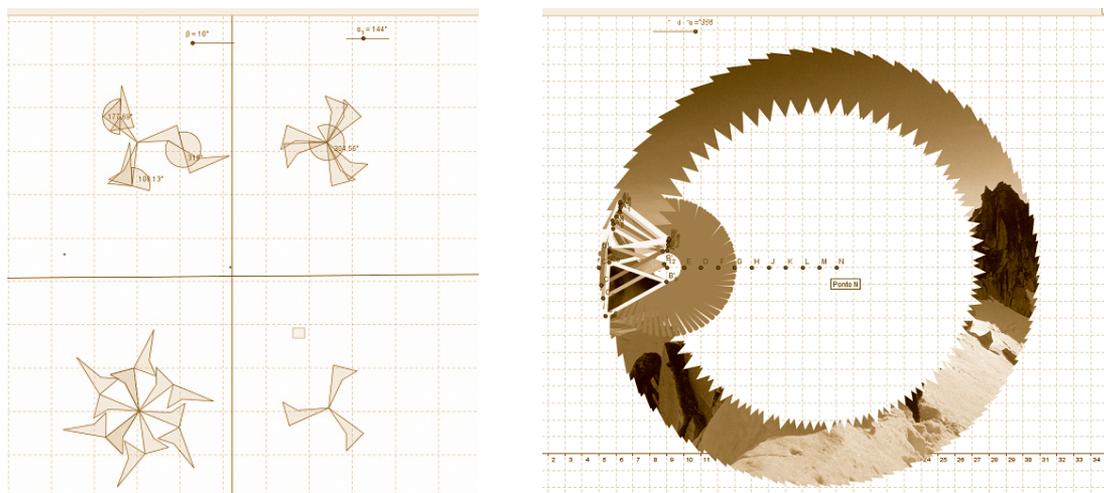


Figura 2.—Diferentes abordagens da Catarina à tarefa III (construção inicial à esquerda e final à direita)

Tarefa IV: Ainda no GeoGebra, e utilizando translações, cria uma construção a teu gosto.

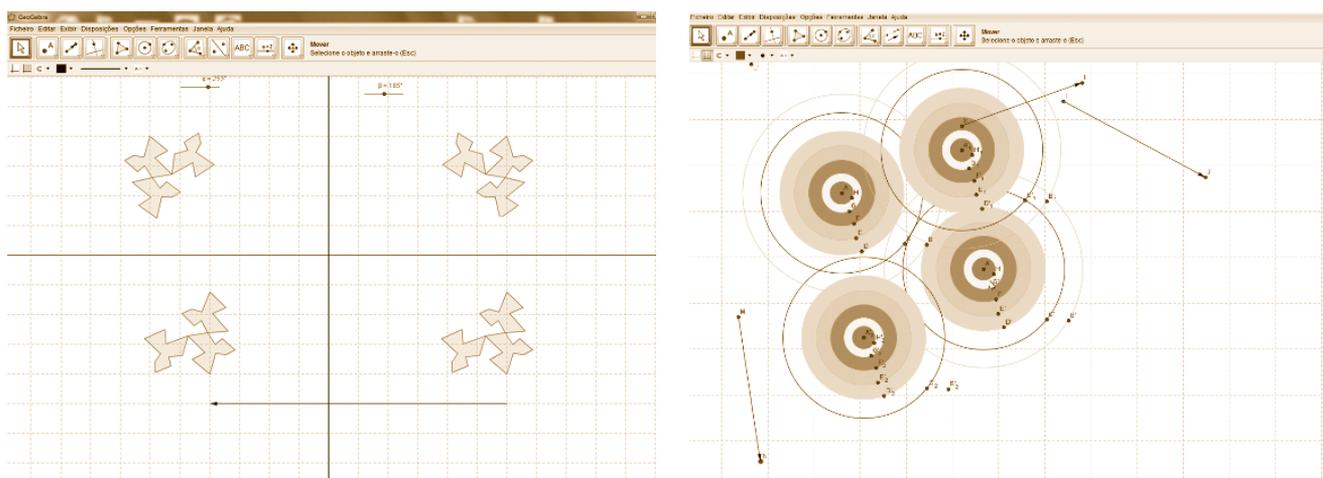


Figura 3.—Resposta do Tiago e da Luísa à terceira questão da tarefa IV

Um dos fatores que se revelou decisivo foi o ambiente de sala de aula que se constituiu um espaço de liberdade, livre da crítica destrutiva — «A Luísa parecia agora mais confiante, pois «arriscava» participar ativamente na aula de forma mais frequente. Algumas manifestações de ansiedade foram sendo cada vez menos frequentes ao longo da implementação da sequência didática».

O iTALC ajudou a construir tal ambiente, instigando a que os alunos, espontânea e naturalmente, partilhassem os seus conhecimentos e descobertas e comentassem os trabalhos dos colegas, num verdadeiro espírito de entreajuda, bem aceite por todos — «Estes alunos revelaram gran-

de abertura e recetividade às ideias e sugestões propostas por colegas (...)».

Por outro lado, ao permitir o visionamento em tempo real de trabalhos de outros colegas, motivava-os a apresentarem produções mais criativas — «A exibição deste trabalho causou assombro nos colegas que se sentiram motivados a procurar «outros caminhos» e, dependendo dos casos, fizeram-no com maior ou menor sucesso». Note-se como a Catarina e os alunos do G2, depois de observarem trabalhos de outros alunos, readaptaram os processos de resolução de tarefas propostas, de modo a elaborarem uma construção original, que incorporou elementos novos (figuras 2 e 3).



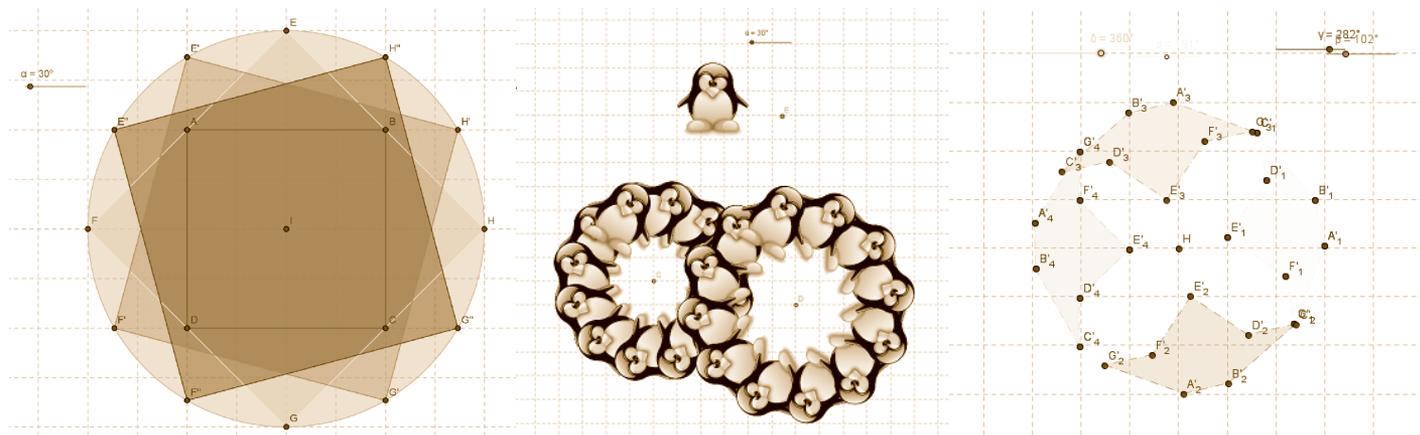


Figura 4.—Produções originais dos casos, em diferentes tarefas abertas, com recurso ao GeoGebra

Com tal estratégia, a originalidade foi sendo reforçada, mas muito pelo facto de se trabalhar no GeoGebra (figura 4).

Este *software* também contribuiu para produções mais elaboradas do que as realizadas com instrumentos tradicionais — «O grupo 2 sentia-se, claramente, mais à vontade e confiante quando executava as tarefas no GeoGebra por oposição ao papel e lápis, apresentando respostas muito elaboradas». A Catarina revelou-se, no entanto, uma exceção — recorria espontaneamente e de forma prévia ao «papel e lápis» para ensaiar resoluções muito pormenorizadas das tarefas no GeoGebra (figura 5).

A este propósito, constatou-se que, na maior parte dos casos, a transposição do papel para o ADGD decorria de forma natural e sem constrangimentos. O inverso não era verdade. O G2 sentiu especiais dificuldades nesta transição.

No que diz respeito à fluência, verificou-se que os alunos tendiam a apresentar um maior número de respostas às tarefas propostas. Também utilizaram várias abordagens, recorrendo a diferentes procedimentos na construção de soluções alternativas para o mesmo problema que, numa provável manifestação de flexibilidade, conjugavam e adaptavam aos seus objetivos. Assim, verificou-se incrementos nas várias dimensões da criatividade consideradas. O *software* libertava os alunos da pesada mecânica procedimental, o que conduzia a melhorias na criatividade dos seus trabalhos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação desenvolvida permite concluir que a utilização de ADGD's facilitou o desenvolvimento de produções mais criativas em Geometria, na medida em que permite uma «manipulação» mais fluida e flexível dos objetos geométricos, possibilitando a exploração de mais processos e resoluções. Por outro lado, os resultados apontam para dificuldades experimentadas por alguns alunos nas transições para o *papel e lápis*, observando-se constrangimentos não apenas circunscritos ao uso de instrumentação diversa mas também relacionados com aspetos conceptuais e formais. Daqui resulta a perceção dos benefícios da utilização de uma abordagem complementar que conjugue os dois ambientes, aspeto que deve ser mais profundamente investigado.

Mas o desenvolvimento da criatividade dos alunos envolvidos no estudo também se ficou a dever grandemente à utilização do iTALC. Principalmente o clima de colaboração que se gerou, o contacto constante com as diversas resoluções dos vários grupos que o CMS permitiu no âmbito da 2.^a fase do contexto exploratório de ensino e de aprendizagem (Stein *et al.*, 2008) e a apresentação e discussão coletiva no decurso da 3.^a fase do referido contexto instigaram a que os alunos se «ultrapassem» a si próprios e aos colegas, num espírito de salutar competitividade. Apesar da criação dessa *atmosfera social* parecer suscitar incrementos nas dimensões da criatividade, as limitações deste estudo



Tarefa: No GeoGebra, utilizando livremente as isometrias que já conheces, e sem atravessar as linhas pretas, desloca o Tux da posição (A) para a posição (B).

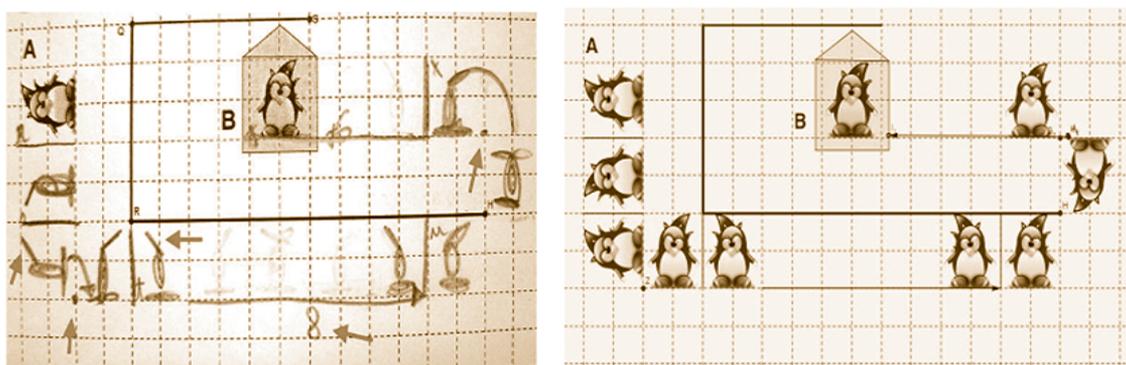


Figura 5.—Ensaio prévio da Catarina em ambiente de papel e lápis

e a natureza extraordinariamente complexa do fenómeno não permitem estabelecer conclusões mais ambiciosas.

Finalmente, constatou-se que uma adequada utilização de CMS's em abordagens exploratórias e que recorrem ao uso de computadores permite manter os alunos mais focados nas tarefas e facilita uma melhor gestão disciplinar e de todo o trabalho desenvolvido na aula. No entanto, uma compreensão mais profunda e alargada dos benefícios de tais ambientes e a identificação de potenciais contextos de incrementais carecem de mais estudos.

Nota

^[1] De modo a preservar a identidade dos alunos, todos os nomes utilizados são fictícios.

Referências

- Amabile, T. M., & Pillemer, J. (2012). Perspectives on the social psychology of creativity. *Journal of Creative Behavior*, 46(1), 3–15.
- Cabrita, I., Neto, T., Breda, A. e Santos, J. (eds.) (2013). GeoGebra em múltiplos contextos educativos — passado, presente e futuro. *Revista Indagatio Didactica*, 5(1).
- Castells, M. (2007). *A Galáxia Internet, Reflexões sobre a Internet, Negócios e Sociedade* (2.ª Ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Coelho, A. (2013). GeoGebra e iTALC numa abordagem criativa das isometrias. Aveiro: Universidade de Aveiro (dissertação de Mestrado)

- Coelho, A. (2015). Mediação tecnológica e desenvolvimento da criatividade em contextos matemáticos exploratórios. Aveiro: Universidade de Aveiro (Projeto de Doutoramento)
- Galluch, P. S., & Thatcher, J. (2011). Maladaptive vs . Faithful Use of Internet Applications in the Classroom: An Empirical Examination. *Journal of Information Technology Theory and Application*, 12(1), 5–22.
- Leikin, R. (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 129–145). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Stein, M. K., Engle, R. A., Smith, M. S., & Hughes, E. K. (2008). Orchestrating Productive Mathematical Discussions: Five Practices for Helping Teachers Move Beyond Show and Tell. *Mathematical Thinking and Learning*, 10(4), 313–340.
- Sternberg, R. J. (2012). The Assessment of Creativity: An Investment-Based Approach. *Creativity Research Journal*, 24(1), 3–12.
- Zagalo, N., & Branco, P. (2015). The Creative Revolution That is Changing the World. In N. Zagalo & P. Branco (Eds.), *Creativity in the Digital Age* (pp. 3–15). London: Springer.

ARTUR COELHO

AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE ALMEIDA

ISABEL CABRITA

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO DIDÁTICA E TECNOLOGIA
NA FORMAÇÃO DE FORMADORES
DEP. DE EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE AVEIRO

