

Aprendizagem efetiva em STEM com a abordagem de Ensino por Ligações Transversais – Fazer uma educação matemática interdisciplinar de sucesso!

RITA BORROMEIO FERRI

ANDREAS MEISTER

A educação em STEM¹ tem vindo a assumir um papel central no debate sobre a educação, a nível mundial. Para que o progresso científico e tecnológico dos últimos anos se possa consolidar, será necessário ter pessoas qualificadas em ciência, tecnologia, engenharia e matemática, as áreas STEM. Este é um requisito de várias empresas que têm dificuldades em arranjar, por exemplo, engenheiros qualificados ou futuros especialistas em tecnologias de informação. Atualmente existe um objetivo educativo claramente explicitado para que a educação em STEM seja apoiada pelos governos. Nos Estados Unidos da América (EUA), a educação em STEM tem uma tradição mais antiga (National Research Council, 2014) do que na maioria dos países, apesar do interesse dos alunos nas escolas pelas áreas STEM ser ainda escasso². Foi neste contexto que a administração Obama anunciou em 2009 a campanha “Educate to Innovate” para motivar e inspirar os alunos a procurarem a excelência nas áreas STEM. Os resultados de um relatório sobre o estado da educação em STEM, apoiado pela Comunidade Europeia (Galev et al., 2015), e que investigou professores, alunos e especialistas da indústria, mostrou que existiu de facto um progresso, mas que a educação em STEM na escola é muito mais explorada com uma abordagem teórica do que prática. Além disso, professores e especialistas dos países que lideram a educação em STEM, como a Alemanha e o Reino Unido, afirmam que as abordagens das políticas educativas em STEM não alcançaram os resultados pretendidos. O progresso e a aceitação da importância das áreas STEM podem ser promovidos através dos programas e iniciativas referidos, já existentes fora dos EUA, por exemplo na Alemanha. Existe ainda uma falta de investigação sólida nas áreas STEM, em vários níveis educativos, apesar do aparecimento de uma nova revista e da publicação de livros dedicados à educação em STEM que alargaram esse campo de investigação (English & King, 2015). Mais resultados de investigação que se debruçassem, por exemplo, nos efeitos da educação em STEM na motivação e interesse dos alunos em relação às áreas STEM e escolhas profissionais futuras, poderiam também influenciar a política educativa. Sendo o acrónimo STEM, que indica as

quatro áreas, compreensível, já não é tão claro o que se entende por Educação em STEM, à medida que nos debruçamos mais aprofundadamente na discussão sobre o tema.

O projeto “Aprender a partir de Leonardo da Vinci” foi desenvolvido por autores de diferentes disciplinas, como um ambiente de aprendizagem STEM para o ensino básico e secundário. De modo a classificá-lo, no âmbito de uma discussão sobre educação em STEM, foi necessário um enquadramento teórico que se apresenta na secção seguinte. O projeto será descrito com maior detalhe de modo a mostrar o significado concreto de ligação transversal no contexto das várias aulas. Serão apresentadas as questões de investigação, a conceção do estudo, a metodologia, finalizando com a apresentação de alguns resultados.

EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INTERDISCIPLINAR E EDUCAÇÃO EM STEM – CONCEPTUALIZAÇÃO TEÓRICA

Existe atualmente uma discussão a nível mundial sobre a aprendizagem e o ensino da matemática, realizados de modo interdisciplinar. Por que razão se entende que este tema é relevante? Qual é o significado de “Educação matemática interdisciplinar” (EMId)? Como se aprende a ensinar desta forma? Existem exemplos concretos de aulas ou unidades de ensino? Todas estas interrogações são legítimas. Vamos procurar clarificá-las nesta secção e nas seguintes.

Tanto o estado da arte da investigação como os estudos empíricos sobre EMId existentes têm sido divulgados em duas publicações centrais. No livro de Williams et al. (2016) e no livro de Doig et al. (2019) foram clarificadas e explicadas diferentes abordagens à EMId, e também apresentadas sugestões para a sua implementação. Roth, um dos autores do livro de Williams et al. (2016), tem uma caracterização pragmática de EMId, à qual nos referimos:

“A interdisciplinaridade é o facto, a qualidade ou a condição de dois ou mais domínios académicos ou ramos de aprendizagem. Os projetos interdisciplinares levam a transpor as fronteiras tradicionais entre as disciplinas académicas.” (Roth, 2014, p.317) Quando falamos sobre a educação em STEM, isto não significa necessariamente que seja ensinada com interdisciplinaridade no sentido da definição de Roth, razão pela qual definimos a nossa

¹ Acrónimo para Science, Technology, Engineering e Mathematics; “stem” significa tronco, ramo, haste (N. do T.).

² Consultar o relatório em STEMconnector.org

perspetiva de Ensino por Ligações Transversais. Adicionalmente, a abordagem STEM revelou-se, tal como já foi mencionado, algo muito significativo, porque áreas da ciência, tecnologia, engenharia e matemática são altamente recomendadas para o trabalho e profissões na sociedade.

Tornou-se evidente para as políticas educativas que os alunos deviam ser confrontados bem cedo com as áreas STEM e a sua importância, desde o 1.º CEB. Por esta razão, são necessários professores qualificados e motivados para a educação em STEM e, para além disso, esta deve ser integrada no currículo; caso contrário os professores não sentirão a necessidade de abordar nas suas aulas. Se queremos que os professores sejam qualificados na educação em STEM, o que se espera que saibam ou se devem ser especialistas nas quatro áreas do STEM? Esta questão foi o ponto de partida para a nossa conceptualização teórica das áreas STEM, numa perspetiva educativa: fazemos a distinção entre a abordagem de ensino numa única área e a abordagem de Ensino por Ligações Transversais.

A primeira abordagem é caracterizada por promover aprofundadamente uma das áreas do STEM, por exemplo um ambiente de aprendizagem em engenharia (consultar um exemplo em English & King, 2015). As outras áreas STEM não estão fundamentalmente presentes neste ambiente. A segunda abordagem envolve várias áreas STEM, no mínimo duas, no contexto de aprendizagem de modo a estabelecer ligações transversais nestes campos (consultar um exemplo em Star et al., 2014). Trata-se de abordagens diferentes para o ensino das áreas STEM e por isso os requisitos para o ensino são também diferentes. Pensamos ser importante mostrar as ligações entre as áreas nos ambientes de aprendizagem. Na nossa perspetiva, um professor-STEM não é apenas alguém que ensina uma das disciplinas, mas também deve ser capaz de ligar transversalmente as áreas. O projeto “Aprender a partir de Leonardo da Vinci” está de acordo com a segunda abordagem. Além da ligação entre a matemática e a engenharia civil, estão incluídas as Artes, um domínio que não é uma área STEM.

A PONTE DE LEONARDO DA VINCI – ESTABELECEM LIGAÇÕES TRANSVERSAIS

Existindo o objetivo de ensinar em interdisciplinaridade matemática, física, engenharia e arte, pretendeu-se promover um trabalho colaborativo envolvendo pessoas de vários campos do conhecimento. Quando se pensou sobre um contexto de aprendizagem STEM inspirador, para o ensino básico e secundário, surgiu o nome de Leonardo da Vinci, enquanto grande generalista. Especificamente, considerou-se que a Ponte de Leonardo devia ser o foco da unidade de ensino.

Através da abordagem interdisciplinar, os alunos compreenderiam as forças exercidas nas superfícies de contacto das travessas e os pares de forças e consequentes momentos, podendo ser imaginadas as tensões resultantes nas travessas. A partir desta

compreensão, os alunos poderiam perceber as propriedades para aguentar a carga, das pontes em geral e de pontes específicas como as pontes de treliça, de viga, de arco e suspensas por cabos. Foi então criado – por um grupo de especialistas em educação matemática, matemática aplicada, engenharia civil, além de um escultor – um contexto de aprendizagem comum, que pode ser adaptado às competências de alunos dos 6 aos 13 anos. O módulo de aprendizagem foi estruturado segundo uma abordagem *Inquiry-Based Learning*³ (IBL) (Edelson et al., 1999), porque esta se ajusta perfeitamente aos requisitos da aprendizagem em STEM. O IBL incorpora um processo para os alunos explorarem o mundo, o que os leva a formular questões, fazer descobertas e realizar experiências na procura de novo conhecimento, valorizando ainda as ideias e as questões do aluno no trabalho para a obtenção dos objetivos, através do bem conhecido processo/ciclo: Questionar => Investigar => Criar => Discutir => Refletir => Questionar ...

Depois de cada aula, os alunos e professores discutem os resultados e aprofundam o conteúdo específico e, principalmente na última aula, são explicitadas as ligações transversais entre as áreas STEM. A compreensão de que estas áreas estão ligadas e que são importantes torna-se evidente para os alunos, até durante as experiências. A transposição destas atividades para o secundário não é problemática pois o nível da matemática, da física ou da mecânica podem ser adaptados pelo professor. No campo da educação em STEM não existe evidência empírica da percepção dos alunos da abordagem por ligações transversais. A juntar a isso, sabe-se pouco acerca das crenças matemáticas dos alunos (Schoenfeld, 1985) neste contexto e como se poderão alterar depois de uma intervenção, como a da unidade didática “Leonardo”. Assim, investigámos um grupo do 9.º ano, de forma a obter uma compreensão maior sobre as seguintes questões de investigação e design do estudo.

QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

1. Que percepção sobre a abordagem por ligações transversais poderá ser reconstruída com os alunos depois da unidade didática?
2. Depois da unidade didática, existem mudanças nas crenças matemáticas dos alunos?
3. Quais as diferenças que se podem identificar entre as alterações nas crenças matemáticas e na percepção da abordagem por ligações transversais, quando se comparam o grupo da *Inquiry-Based Learning* e o grupo do *Directive-Teaching Learning*⁴ (DT)?

DESIGN DO ESTUDO

Este estudo utiliza uma metodologia qualitativa, com o propósito de formular hipóteses, embora se tenham utilizado testes para recolher dados. Relativamente à obtenção de respostas às questões de investigação, foi necessário desenvolver e aplicar

³ Aprendizagem baseada na inquirição (Nota do tradutor)

⁴ Aprendizagem com ensino diretivo (Nota do tradutor)

um pré-teste e um pós-teste, na sequência da implementação da unidade didática. Os testes continham níveis de desempenho do PISA (PISA-Consortium, 2003), em particular escalas de crenças, autoeficácia, motivação, e emoção, relativamente ao trabalho em matemática. Especificamente para compreender o significado do conceito de “ligação transversal”, também se formularam questões abertas no teste, solicitando aos alunos que explicitassem a forma como pensam que a matemática se relaciona com as outras disciplinas. Adicionalmente, prepararam-se duas abordagens distintas à unidade temática “A ponte de Leonardo” estruturadas, uma segundo o IBL, e a outra segundo o DT para avaliar a sua influência nas percepções dos alunos. Na abordagem DT os estudantes trabalham sobretudo sozinhos, tanto no que concerne às suas realizações como às atitudes. Os princípios orientadores mais importantes nesta abordagem são: i) o desenvolvimento de padrões de solução comuns pelo professor e; ii) mudança sistemática entre o ensino a toda a turma, orientada para um perfil de “aluno médio”, e o trabalho individual dos estudantes baseado em exercícios (Blum & Borromeo Ferri 2009).

A amostra foi formada por uma turma de 28 alunos do 9º ano (15 anos de idade), de uma escola alemã do ramo escolar conducente ao ensino universitário, o mais avançado dos ramos. A unidade de 6 horas de aulas tinha as seguintes fases:

- Fase A: Enquadramento histórico e introdução a Leonardo da Vinci/Modelação da ponte de Leonardo;
- Fase B: Avaliação dos constituintes da ponte (matemática, física, arte);
- Fase C: Resumo das descobertas e reflexão.

Os alunos foram repartidos por dois grupos. O grupo A foi o grupo IBL e o grupo B o grupo DT, contudo ambos foram ensinados pelo mesmo professor, para que a variável “professor” fosse minimizada. Todas as aulas foram filmadas e os alunos do grupo A também fizeram um livro de investigação, do tipo do que os investigadores fazem para registar o que descobriram. Para explicar melhor o conteúdo das duas aulas da fase A, elas serão apresentadas mais detalhadamente. Apesar das unidades terem estilos de ensino diferentes, o conteúdo matemático tratado e as ligações à física e à arte foram as mesmas.

Ao compararmos os estilos de ensino, fica claro que o IBL dá aos alunos não só uma aprendizagem mais independente, mas também uma compreensão do que é a investigação por via do ciclo de inquiry, referido anteriormente. Quando se desenvolveu o trabalho nos dois grupos, o desafio foi conseguir equilibrar o facto do grupo A ter o mesmo número de aulas que o grupo B, apesar do grupo A necessitar de ter tempo para fazer experiências, gerar questões e hipóteses, a par de compreender os conteúdos matemáticos e físicos subjacentes. A seguir apresenta-se a última parte da fase C da unidade didática, contendo a reflexão sobre o conteúdo e a transferência das descobertas de Leonardo da Vinci para o presente.

Tabela 1. Fase A para IBL e DT

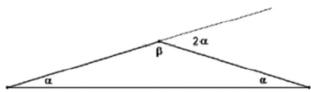
Grupo A – IBL	Grupo B – DT
Conteúdo das aulas 1 e 2	Conteúdo das aulas 1 e 2
<p>O professor mostra uma gravura da ponte de Leonardo. Discussão com os alunos sobre Leonardo da Vinci e seus talentos (desenvolver um mapa conceptual com os alunos).</p> <p>O professor apresenta o objetivo da unidade: “Agora vocês são investigadores e vão preparar um livro de investigação para a sistematização da documentação sobre o que descobriram sobre a ponte de Leonardo. No final, os livros de investigação serão apresentados, também como objetos artísticos.</p> <p>Os alunos trabalham em pares para descobrir a razão do fenómeno da ponte funcionar sem cola ou pregos. Registam as suas ideias.</p> <p>Os alunos tentam construir a ponte, com base na fotografia e desenvolvem perguntas de investigação:</p> <p>-Quem construiu a maior ponte? -Quem construiu a ponte com o mínimo de ripas?</p> <p>Os alunos fazem o trabalho experimental e apresentam as suas ideias em plenário. A reflexão começa com o foco na realidade para aprenderem sobre o efeito de travamento automático.</p>	<p>O professor mostra uma gravura da ponte de Leonardo. Discussão com os alunos sobre Leonardo da Vinci e seus talentos (desenvolver um mapa conceptual com os alunos).</p> <p>O professor apresenta o objetivo da unidade: “Vamos descobrir por que razão a ponte funciona” No quadro, professor e alunos desenvolvem um esquema com base na fotografia:</p>  <p>Os alunos usam a ficha de trabalho em pares:</p> <p>(a) Constrói um modelo esquemático da ponte de Leonardo, em que a unidade de comprimento da ponte seja 2,5 cm e $\beta = 150^\circ$ para pontes com 3, 4 e 5 unidades de ponte. Consegues descobrir a fórmula para o ângulo γ_n?</p> <p>(b) Qual a função que usarás para descrever a ponte?</p> <p>Os alunos resolvem o problema e depois apresentam os resultados em plenário.</p> <p>Com o foco na realidade, realiza-se a discussão e a reflexão.</p>

Tabela 2. Fase C – Parte final para o IBL e o DT

Grupo A – IBL	Grupo B – DT
Final da aula 6	Final da aula 6
<p>Como numa exposição, na sala de aula mostram-se os livros de investigação dos alunos. Antes disso, alunos e professor discutiram o que deve ser um bom livro de investigação. Depois, os alunos classificaram cada um dos livros. Foi premiado o aluno cujo livro teve classificação mais alta.</p> <p>Discussão plenária final: mostra-se a fotografia da ponte de Leonardo em As, Oslo: (ver à direita)</p> <p>Avaliação do projeto: os alunos escrevem o feedback em vários cartões de cor.</p>	<p>Discussão plenária final: mostra-se a fotografia da ponte de Leonardo em As, Oslo:</p>  <p>Avaliação do projeto: os alunos escrevem o feedback em vários cartões de cor.</p>

No âmbito da análise dos pré e pós testes relativos às crenças sobre a matemática, os vídeos das aulas ajudaram a comparar o comportamento dos alunos dos dois grupos do projeto. Apenas

foram transcritas as passagens das aulas relacionadas com o fenómeno das “ligações transversais”. Estas passagens foram discutidas no grupo e depois definiu-se o conceito de “ligação transversal”, com base nos dados empíricos.

RESULTADOS DO ESTUDO

Analisada a lecionação de ambas as unidades didáticas, foi evidente que a do grupo IBL revelou-se mais desafiadora na sua planificação e ensino, quando comparada com o grupo DT. Uma das razões é que, no tempo dado, tornou-se mais fácil combinar a metodologia de DT com a utilização das fichas de trabalho. O tipo de ensino utilizado no grupo IBL foi uma experiência completamente nova para os alunos que precisaram de tempo para perceberem que têm de agir de forma mais independente, não sendo a aula centrada no professor. O grupo IBL ficou fascinado pela exploração e construção da ponte de Leonardo, durante o trabalho de grupo, de aprender e compreender o contexto matemático, físico, de engenharia e artístico. Para estes alunos, foi mais difícil congregar estes aspetos do que para os alunos do grupo DT. Ambos os grupos mostraram interesse pelo tema. Mesmo sem ter a variável género em consideração, constatou-se que os rapazes gostaram do tópico devido ao contexto técnico. Apesar das raparigas terem compreendido os conteúdos e trabalhado muito bem, fizeram notar, por exemplo, que uma unidade sobre o quadro da Mona Lisa também seria um desafio. Olhando para os elementos apresentados na unidade de ensino, a parte final da aula 6 foi muito bem-sucedida, no que diz respeito à abordagem das ligações transversais, no sentido que nós lhes damos. Não só no grupo IBL, mas também no grupo DT, os alunos foram capazes de utilizar linguagem técnica transversal às disciplinas. Por exemplo, quando se apresentou aos alunos a ponte em Oslo, um deles disse:

“A ponte parece muito bem e a sua estática depende da correção do modo como a conexão entre matemática e física foi realizada.” Observar o conhecimento dos alunos foi fantástico, isto porque o objetivo não era apenas construir a ponte de Leonardo e desfrutar disso, mas também mostrar a matemática, a física e a arte que estão por detrás ou fazê-los pensar sobre elas. Para nós, foi um enorme sucesso ao nível da observação. Como já anteriormente foi mencionado, em ambos os testes, pré e pós, havia uma questão aberta que perguntava aos alunos que conexão viam, ou não, entre a matemática e outras disciplinas. Nem todos os alunos responderam a esta questão (18 em 28), contudo uma aluna conseguiu reconstruir a ligação transversal depois das aulas. As afirmações seguintes são da Karen (15 anos). Escreveu antes e depois das aulas:

Não vejo uma conexão entre a matemática e outras matérias, excetuando com a química.

Figura 2. Afirmação anterior às aulas

A matemática é a base da ciência. As aulas mostraram-me como é que a matemática está ligada à arte, física e arquitetura.

Figura 3. Afirmação posterior às aulas

A maioria dos alunos não tinha a certeza quais seriam as disciplinas que se podiam ligar à matemática. A ciência estava habitualmente em foco, mas não houve nenhum aluno que tivesse mencionado a arte, a engenharia ou as tecnologias de informação, por exemplo. Depois das aulas da unidade, a Karen estava mais sensibilizada. Na afirmação da Karen, a sua “nova” conexão encontrada torna-se manifesta, pois ela refere-se ao projeto Leonardo quando menciona “arte, física e arquitetura”. A análise mostrou afirmações semelhantes em ambos os grupos, a respeito das ligações transversais. Apesar da amostra do estudo ser pequena, é óbvia a compreensão dos alunos na sua perceção da abordagem de ligações transversais. Ligar as disciplinas foi um objetivo central do projeto Leonardo. Pensamos que uma ligação transversal bem-sucedida também deve acontecer nos alunos, num nível metacognitivo. Com base nos dados empíricos e nos nossos pensamentos teóricos, apresentados no início, caracterizamos “ligação transversal” da seguinte forma: pode falar-se de ligação transversal se são combinadas pelo menos duas disciplinas (científicas) durante uma aula ou numa unidade inteira, refletindo-se nos alunos a nível metacognitivo.

Os resultados sobre as crenças matemáticas dos alunos são interessantes. O primeiro resultado central é a conclusão de que a alteração de crenças pode ser verificada nos dois grupos, apesar da intervenção ter sido curta, ela foi efetiva para a forma como os alunos viam a matemática, antes e depois da unidade. Não se podendo encontrar uma diferença entre os dois grupos, no que diz respeito à perceção das ligações transversais, são mais nítidas as diferenças quando se consideram as crenças sobre aspetos afetivos e emocionais, relacionados com a matemática. Apresentam-se mais resultados importantes nas duas figuras que se seguem, com os resultados dos testes pré e pós, em ambos os grupos. Em foco estão os itens “Em matemática existe apenas uma forma de resolução” e “Em matemática pode encontrar-se muita coisa e experimentar por si próprio”. Os primeiros itens representam uma perspetiva estática da matemática e os segundos uma perspetiva dinâmica.

Muitos alunos têm a ideia de que em matemática o que realmente interessa é achar uma solução. No pré-teste, os alunos dos dois grupos estiveram de acordo com esta visão, mais forte no grupo B com 28,6%. Depois de viverem esta experiência a sua visão alterou-se drasticamente, especialmente nos alunos do grupo A que não concordaram ou não concordaram totalmente. A interpretação é evidente, pois o grupo A foi mais fortemente encorajado do que o grupo B a colocar hipóteses e a modelar a construção da ponte. A influência da aprendizagem autónoma e independente no grupo IBL torna-se evidente quando se olha para os valores na figura 5.

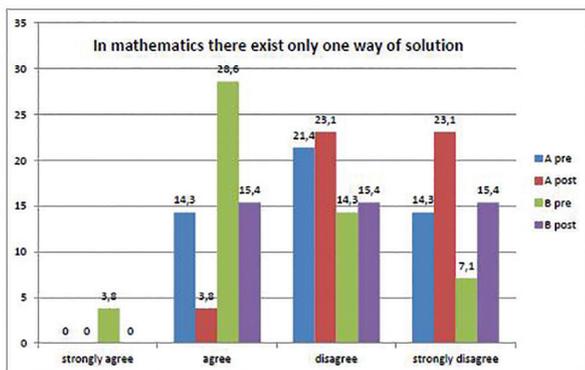


Figura 4. Item “Em matemática existe apenas uma forma de resolução”

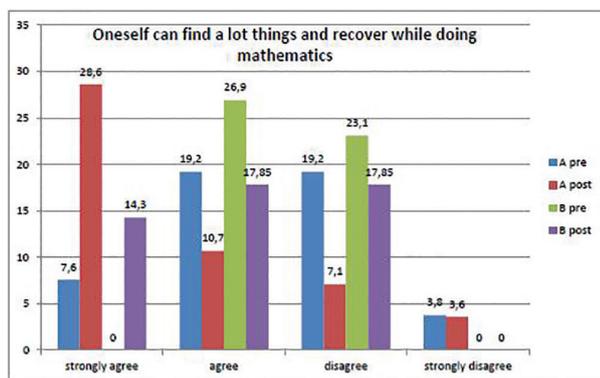


Figura 5. Item “Em matemática pode encontrar-se muita coisa a experimentar por si próprio”

Experimentar algo em matemática não se encaixava na perspetiva dos alunos, antes destas aulas, mas depois pode ver-se um aumento de 21% na categoria de acordo total. Simultaneamente, a aceitação desta afirmação diminuiu no grupo B. O estilo de ensino usado no grupo DT não parece ser adequado para mostrar que a matemática pode ser um “campo de investigação”. Nem sempre é possível utilizar no quotidiano uma abordagem IBL mas ajuda bastante, como vimos, fomentar a ideia de como a matemática pode ser ligada transversalmente com outras disciplinas e como também pode ser vista enquanto disciplina de investigação.

DISCUSSÃO

A finalidade deste artigo é descrever um contexto de aprendizagem STEM, inspirado por Leonardo da Vinci, sobre o tópico “A ponte de Leonardo”. Resulta da análise que há diferença entre duas abordagens de ensino, a abordagem de área única de ensino e a de estabelecimento de ligações transversais. O contexto de aprendizagem STEM Leonardo da Vinci é uma abordagem de ensino de ligações transversais que incorpora uma abordagem IBL. Os resultados do estudo qualitativo com alunos do 9º ano de escolaridade demonstram que a ligação transversal entre disciplinas deve ser explicitada através de várias atividades (experimentais) e reflexões durante o percurso. A

comparação dos grupos IBL e DT, no que se refere a crenças e aspetos afetivos em matemática, revela que no grupo IBL houve mais alterações e um progresso mais forte. Assim, torna-se evidente que a IBL, num contexto de educação em STEM, se adequa muito bem enquanto estilo de ensino, tornando bem-sucedida a educação matemática interdisciplinar.

Fica claro que, apesar da educação em STEM ser fomentada por políticas educativas e promovida por governos espalhados pelo mundo, ainda existe a necessidade de haver mais investigação empírica e considerações teóricas.

Referências

- Blum, w. & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical Modelling: Can it be Taught and Learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1 (1), 45-58.
- Doig, B.; Williams, J.; Swanson, D.; Borromeo Ferri, R. & Drake, P. (Ed.) (2019). *Interdisciplinary Mathematics Education – The State of the Art and Beyond*. New York: Springer.
- Edelson, D.; Gordin, D. & Pea, R. (1999). Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391-450
- English, L. & King, D. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students’ investigations in aerospace. *The International Journal of STEM Education*, 2, 2-18.
- Galey, T. (2015). Status Quo der MINT-Bildung in Europa: Ergebnisse der MARCH Studie. *Projekt Lebenslanges Lernen*. Europäische Union.
- Wolfgang K. (1998). *Selbsttätigkeit als Grundprinzip des Lernens in der Schule – Wiederaufnahme und Weiterentwicklung einer reformpädagogischen Idee und ihre Verwirklichung in der Schule*. Marburg Press.
- National Research Council. (2014). *STEM learning is everywhere: summary of a convocation on building learning systems*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Roth, W.-M. (2014). Interdisciplinary approaches in mathematics education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 647–650). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schoenfeld, A. (1985). Explorations of Students’ Mathematical Beliefs and Behavior. In *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 20, No. 4, pp. 338-355.
- Star, J.; Chen, J.; Taylor, M.; Durkin, K.; Dede, C. & Chao, T. (2014). Studying technology-based strategies for enhancing motivation in mathematics. *The International Journal of STEM Education*, 3-19.
- Williams, J; Roth, W.-M.; Swanson, D.; Doig, B.; Groves, S.; Omuvwie, M.; Borromeo Ferri, R. & Mousoulides, N. (2016). *Interdisciplinary Mathematics Education. A State of the Art*. New York: Springer.

Internet resources: www.STEMconnector.org

RITA BORROMEO FERRI

ANDREAS MEISTER

UNIVERSIDADE DE KASSEL, ALEMANHA

TRADUÇÃO DE FERNANDO NUNES