



ISSN: 2310-0036

Vol. 1 | Nº. 11 | Ano 2020

Alfiado Victorino

Doutor em Desenvolvimento Sustentável:
Política e Gestão da Sustentabilidade

Alfiadov@hotmail.com

Universidade Licungo

Science, technology, engineering, and math education versus collaborative higher education methodologies: challenges, opportunities, and limitations

Educação em ciência, tecnologia, engenharia e matemática versus metodologias colaborativas no ensino superior: desafios, oportunidades e limitações

Abstract

This article evaluates the challenges, opportunities, and limitations of the implementation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education in the Mozambican context, considering its potential in promoting participatory methodologies. Using the method of bibliographic review, the article analyzes the challenges, opportunities, and limitations that the introduction of this practice imposes on the promotion of participatory methodologies in Mozambican education. The results show us the challenges and limitations existing at various levels: educational policy formulation, curriculum structure, infrastructure, and the faculty training, on the one hand. On the other hand, they suggest that STEM offers some opportunities for reframing the act of teaching/learning, leading to increase the quality and relevance of teaching. Its implementation in the school territory through project learning or problem solving suggests that this practice can be a valuable tool in the promotion of collaborative methodologies in the teaching/learning process, thus contributing to the improvement of educational practice in the Mozambican school. However, its transposition and application in the Mozambican context must be done critically and reflexively, respecting the socio-cultural specificities of Mozambican society, while preserving the strengths of the current national education system, on the other hand.

Keywords: STEM Education, collaborative methodologies, Mozambique

Resumo

Este artigo avalia os desafios, oportunidades e limitações, da implementação da educação em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), no contexto moçambicano, tendo em vista o seu potencial na promoção das metodologias participativas. Usando o método de revisão bibliográfica, o artigo analisa os desafios, oportunidades e limitações, que a introdução desta prática impõe na promoção das metodologias participativas na educação moçambicana. Os resultados obtidos mostram, por um lado, desafios e limitações que se situam a vários níveis: na formulação da política educativa, na estrutura curricular, nas infra-estruturas e na formação do corpo docente; por outro, sugere que o STEM oferece algumas oportunidades para resignificar o acto e ensinar/aprender, conducentes ao incremento da qualidade e da relevância do ensino. A sua implementação em território escolar, por via da aprendizagem por projectos, ou por resolução de problemas, sugere que esta prática pode ser um instrumento valioso na promoção das metodologias colaborativas no processo de ensino/aprendizagem, contribuindo, deste modo, para uma melhoria da prática educativa na escola moçambicana. No entanto, a sua transposição e aplicação, no contexto moçambicano, deve ser feita de forma crítica, respeitando as especificidades socioculturais da sociedade moçambicana, por um lado, e explorando os pontos fortes do atual sistema nacional de educação, por outro.

Palavras-chave: Educação em STEM; metodologias colaborativas; Moçambique.



Rua: Comandante Gaivão n° 688

C.P.: 821

Website: <http://www.ucm.ac.mz/cms/>

Revista: <http://www.reid.ucm.ac.mz>

Email: reid@ucm.ac.mz

Tel.: (+258) 23 324 809

Fax: (+258) 23 324 858

Beira, Moçambique

Introdução

O STEM possui significados diferentes para pessoas diferentes (...) é um ‘slogan’ omnipresente e ambíguo, opaco e confuso mesmo para quem o emprega (Bell, 2016, p. 2)¹.

O nosso primeiro contacto com o tema da Educação em Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemáticas (*STEM*, no seu acrónimo em Inglês) foi efectivado através de um *workshop*, promovido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico Profissional (MCTESTP), realizado na Capital moçambicana, Maputo, no dia 16 de Agosto de 2019. Tendo como objectivo, reflectir em torno do Programa de Capacitação de Professores nas Áreas do *STEM* (Science, Technology, Engineering & Mathematics).

Após a realização desse *workshop*, começamos a questionar seriamente os propósitos, alcance, as possibilidades e limitações, que um projeto de Educação em *STEM* poderia representar, no contexto da Educação em Moçambique. Este artigo pretende expor os resultados teóricos da nossa reflexão em torno do *STEM*, tendo em vista o conceito em si, a sua génese e a sua evolução. Tomando esses aspectos como pressupostos, pretendemos, no final, aferir os desafios, oportunidades e limitações, que a introdução do *STEM* impõe ao sistema Nacional de Educação moçambicano, em geral, e ao subsistema de ensino superior, em particular.

O *STEM* é um acrónimo que representa o conjunto de conhecimentos aprendidos no meio escolar por via das disciplinas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (Bell, 2016), cuja institucionalização surge, principalmente, em resposta a uma agenda política ocidental, baseada em imperativos profissionais e económicos, aliados com a necessidade de manter a hegemonia e o domínio económico global (Blackley & Howell, 2015).

A educação em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*STEM*) emerge numa altura em que muitos países ocidentais estavam insatisfeitos com os seus sistemas educativos devido a vários problemas, tais como, a queda constante do número de estudantes interessados em estudar matérias de *STEM*, bem como, do número daqueles que manifestam o interesse de, no futuro, trabalhar em áreas relacionadas a esse domínio.

Portanto, a Educação em *STEM* é algo construído por homens e mulheres, num contexto espaço-temporal bem definido. Trata-se de uma educação que procura conectar o conhecimento construído em ambiente escolar com contextos sociais e estabelecer vínculos entre os problemas da vida real e a indústria, mostrando como, ciência, tecnologia, engenharia e matemática, são usadas para melhorar a sociedade em que vivemos (Ritz & Fan, 2015).

Quando foi institucionalizada, a educação em *STEM* foi anunciada como uma solução ou medida preventiva para resolver uma série de problemas de vária índole (ambientais, políticos, sociais e económicos), incluindo as desacelerações económicas no futuro, como a crise financeira global de 2008. No entanto, Blackley e Howell (2015) chamam a atenção para o facto de que este optimismo e esperança no *STEM* não se baseiam em pesquisas sólidas, mas, sim, em conjecturas e especulações.

Com história e quadro teórico próprio, o *STEM* é visto naqueles países como uma alternativa adequada para uma educação melhorada, relevante e contextualizada (colada à vida real). Uma solução para ajudar os alunos a desenvolverem uma alfabetização especial que será necessária para muitos cidadãos e trabalhadores do século XXI (Ritz & Fan, 2015).

Internamente, em Moçambique, a percepção ou o sentimento de que a educação, em geral, a educação em ciências naturais e exactas, em particular, oferecida na escola moçambicana está deslocada (descontextualizada) da realidade mais próxima dos alunos, vem sendo expressa por diversas entidades individuais e colectivas, reclamando com frequência, tanto da falta de relevância quanto do distanciamento entre o ensinado e o vivido.

Volvidas pouco mais de quatro décadas, após a independência nacional, a falta de homens e mulheres com formação adequada para atender à necessidade de quadros para o sector de hidrocarbonetos, actualmente em franca ascensão e expansão no país, bem como, as recentes reprovações em massa nos exames extraordinários, edição de 2019, muito influenciados pelas disciplinas de Física e Matemática, configuram outra fonte de inquietação associada com a educação em *STEM* no país.

É neste quadro, em que o Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico Profissional (MCTESTP), através da Direção Nacional do Ensino Superior (DNES), e, contando com apoio financeiro do Banco Mundial, surge com a ideia de materializar um amplo programa de capacitação de professores do Ensino Secundário Geral (ESG), do Ensino Técnico Profissional (ETP) e dos Institutos de Formação de Professores (IFP's) em matérias de *STEM*. Este programa visa, entre outros aspectos, melhorar a qualidade de ensino, cujo foco estratégico é “produzir graduados que possuam habilidades específicas, bem como, talentos e habilidades gerais, como resolução de problemas, capacidade de reflexão, capacidade de aprender, entre outras” (DNES, 2019).

¹ A tradução é nossa.

A educação é uma ferramenta poderosa e decisiva no processo de desenvolvimento das nações, no entanto, ela é determinada pela concepção do mundo predominante que, por sua vez, estabelece os objectivos educativos que se pretendem, em função das ideias dominantes da sociedade em que é instaurada. Como tal, pode ser usada para oprimir, ou para emancipar, para a manutenção, ou renovação, para reproduzir, ou para transformar. Pode ser “conservadora ou emancipatória [superadora das formas alienadas de existência]; pode apenas reproduzir, ou também transformar-nos como seres humanos pelas relações no mundo, redefinindo o modo como nos organizamos em sociedade” (Loureiro, 2004, p. 77).

A educação em STEM que se pretende implementar nesta iniciativa do MCTESTP foi criada para resolver problemas concretos, identificados em contextos culturais, sociais e geográficos próprios, sendo, em muitos aspectos, distintos da realidade moçambicana. A propósito, Ritz e Fan (2015) chamam atenção para o facto de que, por razões de natureza cultural e crenças variadas, a educação em STEM pode, por um lado, não prosperar em certos países do mundo, e, poderá produzir resultados (significados e estruturas educativas) diferentes no seu uso e implementação, por outro.

Vários autores analisados neste artigo ensinam-nos que a educação em geral, e a educação em STEM em particular, não pode ser tratada de maneira fragmentada, nem como panaceia válida para qualquer tempo e lugar, mas, sim, como uma prática social localizada no tempo e no espaço, com história e quadro teórico próprios, definidos em função da natureza social, política, económica e cultural do meio em que ela está sendo desenvolvida. Assim sendo, a sua aplicação num determinado contexto geosocial carece de certas acções prévias, uma das quais é a investigação para identificar o estado da arte relativo a essa prática.

Até onde sabemos, não existem estudos publicados em Moçambique, que tratem da educação em STEM. Este artigo pretende ser uma singela contribuição ao trabalho em curso no MCTESTP, analisando o estado da arte da Educação em *STEM*, por um lado, e aferir os eventuais desafios, oportunidades e limitações, que a introdução da mesma impõe para o sistema Nacional de Educação em Moçambique, por outro. A partir da análise dos aspectos relacionados com o conceito do STEM em si, a sua origem, as razões da sua institucionalização, e sua evolução, o artigo pretende responder essencialmente à seguinte questão: quais os desafios, oportunidades e limitações que a introdução do STEM impõe na promoção de metodologias colaborativas/participativas no ensino superior moçambicano?

Materiais e métodos

Este artigo pretende avaliar desafios, oportunidades e limitações associados com a implementação da educação em STEM, no contexto moçambicano, usando a técnica de revisão bibliográfica que consistiu essencialmente na análise de artigos científicos publicados no *Google scholar* nos últimos cinco anos (2015-2019), com base na análise dos seguintes conceitos-chave: “*The emergence of science, technology, engineering and mathematics education*”, e “*A conceptual framework for STEM education*”. O uso de termos escritos em Inglês deve-se à escassez de literatura sobre educação em STEM escrita na língua portuguesa e à abundância desta nos países anglófonos.

Análise e discussão de resultados

O mecanismo de pesquisa adoptado neste artigo permitiu à plataforma on-line disponibilizar uma série de artigos científicos revistos por pares, cuja leitura e análise do seu conteúdo suscitou um debate inicial sobre a educação em STEM, no contexto moçambicano. A Tabela 1 apresenta os autores dos artigos analisados.

Tabela 1. Relação dos autores (artigos) analisados

Autor (es)	Contribuição
Blackley & Howel (2015)	Génese: National Science Foundation (EUA) x Judith Ramaley
Ritz & Fan (2015)	Génese: Segunda Guerra Mundial; Motivações
Bell (2016)	Génese
Kelley & Knowles (2016)	Definição contextualizada/STEM: Abordagem didáctica
Nadelson & Seifert (2017)	Imprecisão do conceito; Motivação dupla
Ntemngwa & Oliver (2018)	Implementação da Educação em STEM; Desenvolvimento de uma teoria pedagógica
Thibaut et al. (2018)	Definição de quadro teórico para subsidiar as práticas educativas

Conceito - Relativamente ao conceito em si, Nadelson e Seifert (2017) chamam à atenção sobre a imprecisão da definição de STEM, devido a várias razões que incluem a necessidade de flexibilidade, contextos variados e o desejo de incluir uma variedade de condições aplicáveis. Além disso, os autores retro mencionados, propõem uma definição, segundo a qual, o STEM representa uma fusão contínua e dinâmica de conteúdos e conceitos de várias disciplinas, pertencentes àquele domínio (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Enquanto isso, na mesma linha, Bell (2016), afirma que em termos mais simples, STEM é um acrónimo que descreve o estudo de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM). Enquanto isso, Kelley e Knowles (2016), descrevem a educação em STEM como um conjunto de abordagens que exploram o ensino e a aprendizagem, entre duas ou mais áreas de STEM, e/ou entre uma disciplina de STEM e uma, ou mais, disciplinas escolares.

No mesmo diapasão, Kelley e Knowles (2016) apresentam uma definição, na nossa opinião, mais contextualizada, na qual se referem à educação em STEM como um esforço para combinar algumas, ou todas as quatro disciplinas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, numa classe, unidade, ou lição, que se baseia nas conexões entre os sujeitos e os problemas mundiais.

A definição de Moore et al. (2014) é contextualizada, pois, nela, o autor indica claramente os **contextos apropriados**, sob os quais deve incidir a educação em STEM. Que, no caso, são os problemas globais que afligem a humanidade, de entre os quais podemos destacar: mudança climática, gestão de recursos e de resíduos, produção agrícola, saúde, biodiversidade, fontes esgotáveis de energia e água, mineração, transporte, saúde, meio ambiente, só para citar alguns, que exigem para o seu enfrentamento uma abordagem integrada, apoiada por um maior desenvolvimento na ciência e na tecnologia.

Em jeito de síntese, e retomando a noção de contexto, Kelley e Knowles (2016) definem a educação integrada em STEM, como uma abordagem para ensinar o conteúdo de dois ou mais domínios do STEM, vinculados às práticas em um contexto autêntico, com o objectivo de conectar assuntos para impulsionar a aprendizagem dos alunos.

Génese. A génese da educação em STEM pode ser rastreada no período da Segunda Guerra Mundial, quando os cientistas e engenheiros precisavam do conhecimento destas disciplinas para desenvolver máquinas de guerra, e também para desenvolver, ou reconstruir, as economias no período pós-guerra (Ritz & Fan, 2015). No entanto, e segundo Blackley e Howell (2015); Kelley e Knowles (2016), o conceito de STEM, tal como é conhecido na actualidade, terá sido cunhado pela National Science Foundation (NSF), dos Estados Unidos da América (EUA), na década de 1990. Inicialmente com o acrónimo SMET, que, após um retorno inicial negativo da iniciativa, e algumas reformulações, adoptou a atual designação. Bell (2016), corroborando Blackley e Howell (2015), coloca a origem da educação em STEM na iniciativa governamental norte-americana, e reporta a originalidade do termo a Judith Ramaley, bióloga e administradora académica norte-americana.

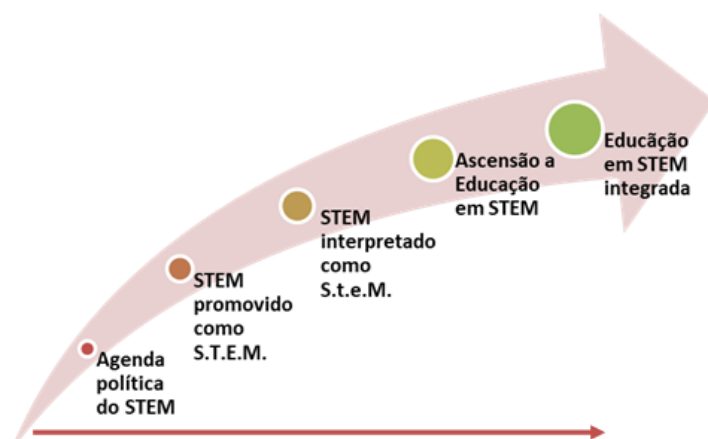
As motivações da sua criação e institucionalização no mundo ocidental incluem: os imperativos vocacionais e económicos; a pressão dos governos para um aumento do número de estudantes que optam por disciplinas de STEM em cursos secundários e universitários; a necessidade de uma força de trabalho especializada² para responder às exigências do século XXI; o fraco aproveitamento escolar dos alunos em disciplinas pertencentes ao domínio *STEM*; a manutenção da liderança numa economia global, em rápida mudança e expansão; o fraco desempenho dos alunos nas disciplinas STEM, medido por rankings de avaliações (Program for International Student Assessment (PISA) e Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)) (RITZ & Fan, 2015).

Em síntese e, parafraseando Nadelson e Seifert (2017), a motivação, ou justificação, para a introdução da educação em STEM no Ocidente, está relacionada com a necessidade da manutenção da liderança e hegemonia global, e da formação de mão obra qualificada para os desafios do século XXI, tendo em vista a garantia da competitividade num mundo globalizado, bem como, a busca por uma maior eficiência do processo de ensino/aprendizagem.

Evolução do conceito. Criado devido a uma agenda política com base em imperativos vocacionais e económicos, a agenda ocidental da educação em STEM não é uniforme. Enquanto nos EUA a retórica sobre STEM é fundamentada na manutenção da sua superioridade global, no Reino Unido, a mesma é conceptualizada em termos de capital humano (Blackley & howell, 2015), vista como um meio susceptível de proporcionar um sistema de ciência e inovação capaz de assegurar bens e serviços de alto valor que permitam o país competir na era da globalização. Da mesma forma que a sua agenda não é uniforme, a evolução do STEM, desde a sua adopção como política de Estados até hoje, também ocorreu de forma diferenciada em diferentes países. A Figura 1 mostra, a título de exemplo, as metamorfoses pelas quais passou o conceito de educação em STEM na Austrália.

Figura 1. Linha do tempo da evolução da educação em STEM

² Esses trabalhadores precisam desenvolver competências especiais para que possam entender melhor os assuntos STEM e integrar esse conhecimento, usando competências de trabalho em equipa, comunicação e liderança, que também devem ser projectadas e integradas nos sistemas educativos (Ritz & Fan, 2015).



Fonte: Adaptado de Blackley e Howell (2015).

Conforme a figura acima, desde a sua criação, enquanto parte de uma agenda política, a educação em STEM passou por diferentes momentos. Desde a aplicação isolada, em que as quatro disciplinas que constituem o acrónimo eram tratadas na escola de forma igualmente isolada (daí a separação por pontos), passando por aquele em que o S.T.E.M. era equivocadamente interpretado em termos de S.t.e.M (com maior ênfase para Ciência e Matemática em detrimento de Tecnologia e Engenharia). Para explicar esse equívoco Blackley e Howell (2015) afirmam que, naquele momento da evolução do STEM, os professores se concentravam no ensino tradicional de ciências e matemática, ignorando praticamente os componentes de tecnologia e engenharia, justificando essa prática com a falta de directrizes curriculares que orientassem a prática docente.

Um facto interessante, destacado pelos autores supracitados, nesta etapa de evolução, foi demonstrado pela diferença na abordagem ao STEM, quer entre o meio escolar, e o profissional (empresarial). Nas escolas S.T.E.M. foi representado como S.t.e.M. (ênfase na Ciência e Matemática de forma isolada), enquanto fora das escolas (contexto profissional), foi promovido como s.T.E.m. (ênfase na tecnologia e engenharia de forma isolada). Para Blackley e Howell (2015), esta discórdia entre escolas e contextos profissionais sobre a promulgação do STEM e o seu significado foi o primeiro ponto de crise na narrativa do STEM. A esse ponto, os autores acrescentam o segundo ponto da crise da educação em STEM, relacionado com o desencontro entre a estrutura curricular e o nível de competência e/ou a preparação dos professores para actuarem na educação em STEM. Para Blackley e Howell (2015), os dois pontos acima mencionados representam as duas razões principais para o insucesso da educação em STEM.

A fase seguinte surge, exactamente, como uma forma de corrigir o equívoco mencionado, consistindo basicamente na integração do substantivo educação, para destacar o papel que os educadores têm na condução da agenda política/educativa (Blackley & Howell, 2015). O capítulo seguinte, da evolução do STEM na Austrália, prendeu-se com a abordagem integrada da educação em STEM, representando, então, o estágio mais elevado na linha do tempo do STEM, conforme ilustra a Figura 1.

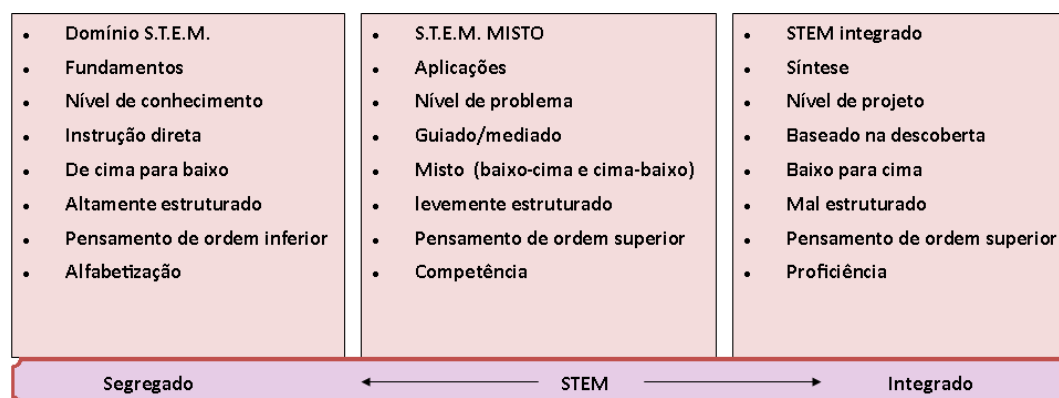
Segundo Nadelson e Seifert (2017), o STEM integrado, em oposição ao STEM desintegrado³, ocorre de maneira a que o conhecimento e o processo das disciplinas específicas de STEM sejam considerados simultaneamente, sem levar em consideração a própria disciplina, mas sim o contexto de um problema, projeto, ou tarefa. Os problemas que requerem uma abordagem integrada de STEM são tipicamente mal estruturados, com várias soluções potenciais, e exigem a aplicação de conhecimentos e práticas de várias disciplinas de STEM.

No território escolar, o STEM integrado é, normalmente, associado à aprendizagem baseada em projectos, ou problemas, onde os resultados podem variar amplamente, e, o conhecimento necessário para sua solução, se encontra distribuído pelas disciplinas do STEM. Os autores supra citados sublinham que o STEM integrado é compatível com a era, ou idade, de síntese (Nadelson & Seifert, 2017). Aquela para a qual a humanidade se está a encaminhar, vinda da era digital, ou de informação, envolvendo condições que exigem a aplicação de conhecimentos, e práticas, de várias disciplinas do STEM, a fim de aprender, ou resolver, problemas transdisciplinares.

O conceito de STEM segregado (em oposição ao STEM integrado) permite introduzir a noção de espectro de STEM, compreendendo três vectores, que incluem o STEM abordado de forma isolada (S.T.E.M), o misto, e o integrado (ver Figura 2).

³ O STEM desintegrado envolve a aplicação de conhecimentos e práticas exclusivas a uma única disciplina e, nas escolas, os problemas e atividades associados a essa abordagem tendem a ser estruturados, com respostas únicas conhecidas. Neste extremo do espectro, o conhecimento é tipificado por instruções directas e focado no conteúdo (Nadelson & Seifert, 2017)

Figura 2. Espectro de STEM



Fonte: Adaptado de NADELSON e SEIFERT (2017)

O ensino de uma disciplina escolar (Física por exemplo), em que o contexto de abordagem é a própria disciplina, pertence ao extremo segregado. Enquanto o ensino da mesma disciplina, vinculado a um problema concreto, que representa o contexto do processo de ensino/aprendizagem em curso (gestão de resíduos sólidos e urbanos, por exemplo), estaria no domínio do STEM integrado.

Nadelson e Seifert (2017) elucidam e alargam a noção de integração, afirmando que a educação em STEM integrada materializa-se através de um processo de ensino/aprendizagem, envolvendo duas, ou mais disciplinas STEM, ou uma disciplina STEM, e uma disciplina não pertencente a este domínio, como as artes, por exemplo. Com efeito, os autores mostram que a educação integrada em STEM vai para além da integração das disciplinas pertencentes a este domínio, de forma a integrar outras externas a si, como a arte, saúde pública, empreendedorismo, *design*, entre outras.

Nadelson e Seifert (2017) usando a noção de espectro relaciona o STEM dentro e fora da escola mostram que a educação em STEM que ocorre na pesquisa, na indústria e na sociedade situa-se tendencialmente no extremo integrado do espectro, enquanto a maior parte da educação em STEM que acontece nas escolas está mais alinhada com a extremidade segregada do espectro STEM (ver Figura 2).

Fora da Austrália, no contexto global, a atenção dos governos, do público e da mídia tem sido concentrada em torno da educação em STEM nas escolas com foco nos seguintes aspectos (Nadelson & Seifert, 2017):

- ⊕ Currículo;
- ⊕ Abordagens pedagógicas;
- ⊕ Nível de competências dos professores;
- ⊕ Motivação dos alunos e selecção de disciplinas.

Ainda no contexto global, Nadelson e Seifert (2017) apontam quatro áreas geo-sociais, caracterizadas por abordagens distintas da educação em STEM: (1) países de língua inglesa, (2) países da Europa Ocidental, (3) países da Ásia, e (4) países em desenvolvimento. ANEXO 1 (pág. 13) apresenta as características dominantes da educação em STEM nos quatro grupos de países identificados acima.

Com uma agenda não uniforme, e uma evolução diferenciada que varia de um país para outro, de um contexto geo-social para outro, no conjunto das nações interessadas no tema, é possível identificar algumas variações na aplicação da educação em STEM (Ritz & Fan, 2015). Com efeito, alguns países fundiram os conteúdos da educação científica e tecnológica (por exemplo, França, Israel, Holanda), enquanto outros preferem o desenvolvimento de programas de engenharia para as suas escolas, num esforço em criar contextos de aprendizagem para a ciência e para a matemática. Outras nações estão a integrar conteúdos de engenharia no currículo de educação tecnológica (Canadá, Suécia, Estados Unidos). Como consequência destas variações, a educação em STEM, ao nível do seu uso e implementação, produz diferentes significados e diferentes estruturas educativas (Ritz & Fan, 2015).

Em termos de aplicação no ambiente escolar, a educação em STEM é tipicamente associada aos métodos de aprendizagem baseados em **projetos**, ou na resolução de **problemas** (Nadelson & Seifert, 2017), onde os resultados podem variar amplamente, enquanto o conhecimento necessário para solução do problema em questão é distribuído pelas disciplinas do STEM. Para Nadelson e Seifert (2017), com uma maior exposição ao STEM nas salas de aula, as experiências de aprendizagem dos alunos seriam mais parecidas com as que eles enfrentarão ao viver, aprender, e trabalhar, como cidadãos produtivos, envolvidos em questões, problemas, e projectos, relacionados com a vida real.

Conforme vimos anteriormente, a educação em STEM foi criada num contexto espaço-temporal próprio, com a finalidade de resolver problemas concretos identificados numa localidade concreta. Por conseguinte, a transposição, e, posterior aplicação, desta prática no contexto moçambicano deve ser feita de forma crítica, respeitando, estrita e escrupulosamente, as especificidades socioculturais, económicas, e políticas, típicas da sociedade actual, preservando os valores e os pontos fortes que caracterizam o atual sistema nacional de educação.

A transposição, relativamente tranquila do STEM para a realidade moçambicana, passa necessariamente pelo mapeamento dos desafios, das oportunidades, e das exigências, que a introdução da educação em STEM no sistema nacional de educação impõe. O Anexo 2, sintetiza, sem intenção de esgotar, os possíveis desafios, oportunidades, e limitações, relativas à educação em STEM. A actividade de mapeamento deve ser continuada e fundamentada em pesquisas de campo, cujos resultados servirão, não apenas para identificar desafios, oportunidades, fraquezas, e ameaças, mas também, para orientar a definição de estratégias de acção, tendo em vista a implementação do STEM no contexto nacional.

Considerações finais

Este artigo tem como finalidade analisar a origem, a evolução, e o estado da arte da educação em STEM, para, em função disso aferir os desafios, oportunidades e limitações que a introdução dessa prática impõe ao sistema de educação moçambicano, em geral, e ao subsistema do ensino superior, em particular. De acordo com o recorte metodológico adoptado, o estudo feito sugere que, enquanto prática social localizada, a educação em STEM representa uma abordagem emergente, uma nova estratégia de ensino/aprendizagem, com história e quadro teórico próprios que lhe conferem certo potencial para motivar e atrair alunos e alunas a incluírem disciplinas de STEM no seu percurso de formação.

Tendo sido criada num contexto espaço-temporal próprio, com a finalidade de resolver problemas concretos identificados naquele contexto, a sua transposição e posterior aplicação no contexto moçambicano deve ser feita de forma crítica e reflexiva, respeitando as especificidades socioculturais, económicas e políticas, típicas da sociedade moçambicana, por um lado, preservando os valores, as conquistas e os pontos fortes, que caracterizam o atual sistema nacional de educação, por outro.

Enquanto estratégia de ensino/aprendizagem, a educação em STEM tem história, quadro teórico e percurso próprios e, como tal, a sua transposição e aplicação no contexto moçambicano implicam desafios e limitações (ver Anexo 2) que se situam a vários níveis: formulação da política educacional, estrutura curricular, infra-estrutura/recursos materiais, e formação/capacitação do corpo docente.

Além dos desafios e limitações acima referidos, a educação em STEM pode ser vista como uma oportunidade para resignificar o ato de ensinar/aprender, conducente ao incremento da qualidade e relevância no ensino das disciplinas vinculadas ao STEM, em particular, e de todas disciplinas curriculares, no geral.

A sua implementação em território escolar através da aprendizagem por projectos, ou por resolução de problemas, sugere que a educação em STEM pode ser um instrumento valioso na promoção de metodologias colaborativas no processo de ensino/aprendizagem, contribuindo, desse modo, para uma melhoria da prática educativa na academia moçambicana.

Pesquisas posteriores, que tenham em consideração os desafios, oportunidades e limitações, intrínsecos à educação em STEM, bem como, as crises pelas quais passou, desde a sua institucionalização até aos dias de hoje, parecem ser o caminho indicado para uma definição clara, de estratégias adequadas para a implantação de projectos de educação, realísticos e suficientemente robustos para reduzir, o máximo possível, os danos de vária índole que enfermam o nosso sistema de educação.

Referências bibliográficas

- Bell, D. (2016). The reality of STEM education, design and technology teachers' perceptions: a phenomenographic study. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 61–79. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9300-9>
- Blackley, S., & Howell, J. (2015). A STEM narrative: 15 years in the making. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(7), 102–112. <https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n7.8>

DNES (2019). *Proposta dos Termos de Referência do Workshop sobre o Programa de Capacitação de Professores nas Áreas do STEM*. MCTESTP, Maputo.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>

Loureiro, C. F. B. (2004). Educação Ambiental Transformadora. In P. P. Layrargues (Ed.), *Identidades da Educação Ambiental Brasileira* (MMA, pp. 65–84). Brasília: Centro de Informação, Documentação Ambiental e Editoração.

Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>

Ritz, J. M., & Fan, S. C. (2015). STEM and technology education: international state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(4), 429–451. <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9290-z>

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., ... Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>

ANEXOS

ANEXO 1. Abordagens da educação em STEM no mundo

Domínios geo-sociais	Representantes	Características
Países anglófonos	EUA e Reino Unido (UK)	Predomina o discurso de crise do STEM EUA: Manutenção da superioridade global UK: Capital humano: Decisivo para competir
Países da Europa Ocidental	França e Alemanha	Integração do STEM na Política Nacional de Educação e Indústria; Foco na aparente "escassez de STEM" em vez de "crise". Promoção de uma imagem positiva da ciência; Aumento do conhecimento público da ciência; Melhoramento do desempenho do aluno nas ciências e matemática; Crescente interesse nas disciplinas STEM nas escolas e no ensino superior; Aumento da força de trabalho em áreas de STEM.

Países da Ásia	China, Japão e Taiwan	Sistemas educativos de alto desempenho; Top nos rankings internacionais ⁴ ; Economias em franco crescimento; Políticas nacionais bem estruturadas em torno de STEM; P&D impulsionado pela academia e pela indústria; Valorizam carreiras por meritocracia; Excelência no ensino das matérias de STEM; STEM ministrado por professores altamente qualificados; Planeamento de longo prazo; Consenso amplo e profundo (população e governo) sobre a importância do STEM; Reina discurso de confiança sobre o STEM Respeito/valorização do professor; Ensino centrado no aluno e baseado na resolução de problemas.
Países em desenvolvimento	Brasil, África do Sul	Economias emergentes; Baixa oferta de professores qualificados; STEM é abordado em termos de melhoria da participação na educação básica e no desenvolvimento classe docente qualificada

Fonte: Adaptado de NADELSON; SEIFERT (2017)

ANEXO 2. Desafios, oportunidades e limitações relativas à educação em STEM

Desafios	Oportunidade
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Currículo compartimentado x Integrado ◆ Currículo rígido x Integrado ◆ Ensino baseado na disciplina x Baseado no problema ◆ Mentalidade do professor ◆ Conhecimento do professor sobre STEM ◆ Desapego às práticas da pedagogia tradicional (Sair da nossa zona de conforto) ◆ Falta de (evidências) na prova de conceito ◆ Mudança do foco: Reprodução → Aplicação no mundo real⁵ ◆ Problematicar o PEA com recurso a: Aprendizagem por resolução de problemas Aprendizagem por projectos ◆ Reestruturar o currículo e introduzir mudanças significativas na instrução 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Desenvolver as competências para o século XXI: Adaptabilidade; Competências sociais; Resolução de problemas complexos Pensamento sistémico, etc. ✗ Aproximação à pedagogia crítica, libertadora e emancipadora na condução dos processos de ensino/aprendizagem ✗ Enfrentamento/Resolução dos desafios globais (Kelley & Knowles, 2016). ✗ Oferece oportunidades para os alunos aprenderem através de experiências mais relevantes e estimulantes (Kelley & Knowles, 2016) ✗ Incentiva o uso de competências de pensamento crítico de nível superior

⁴ Program for International Student Assessment (PISA) e Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)

⁵ O foco não deve se centrar na capacidade de o aluno reproduzir o que aprendeu; mas sim, quão bem ele pode extrapolar o conhecimento elaborado para aplicá-lo em contextos desconhecidos, dentro e fora da escola (OCDE, 2014 página?) apud (Nadelson & Seifert, 2017 página?)

- ✘ Melhora as competências para a solução de problemas e aumenta a retenção (idem).
- ✘ Usar os conteúdos e princípios das ciências, matemática e engenharia para aprimorar a aprendizagem dos alunos sobre conceitos complexos (Nadelson & Seifert, 2017)
- ✘ Desenvolver conhecimentos, atitudes e competências para identificar problemas do mundo real
- ✘ Exploração das múltiplas facetas do conhecimento, bem como, a sua transferência, aprimorando a significância e a relevância do conteúdo aprendido, elevando a motivação e o envolvimento dos alunos na aprendizagem.

Exigências

- ☀ Os programas devem incluir currículo, instrução e uma avaliação rigorosas; Integração da tecnologia e engenharia no currículo de ciências e matemática; Promoção da investigação científica; Forte entendimento conceptual e fundamental de como os alunos aprendem e aplicam os conteúdos aprendidos (Kelley & Knowles, 2016);
- ☀ Professores devem-se concentrar mais na aprendizagem centrada no aluno, e em outras inovações, e menos na transmissão do conhecimento;
- ☀ Promoção do ensino como orientação e facilitação, em vez da simples transferência de conhecimento
- ☀ Exigência na identificação e no aproveitamento dos contextos apropriados (NADELSON; SEIFERT, 2017: p.222)
- ☀ O indivíduo deve desenvolver conhecimentos, atitudes e competências para identificar problemas