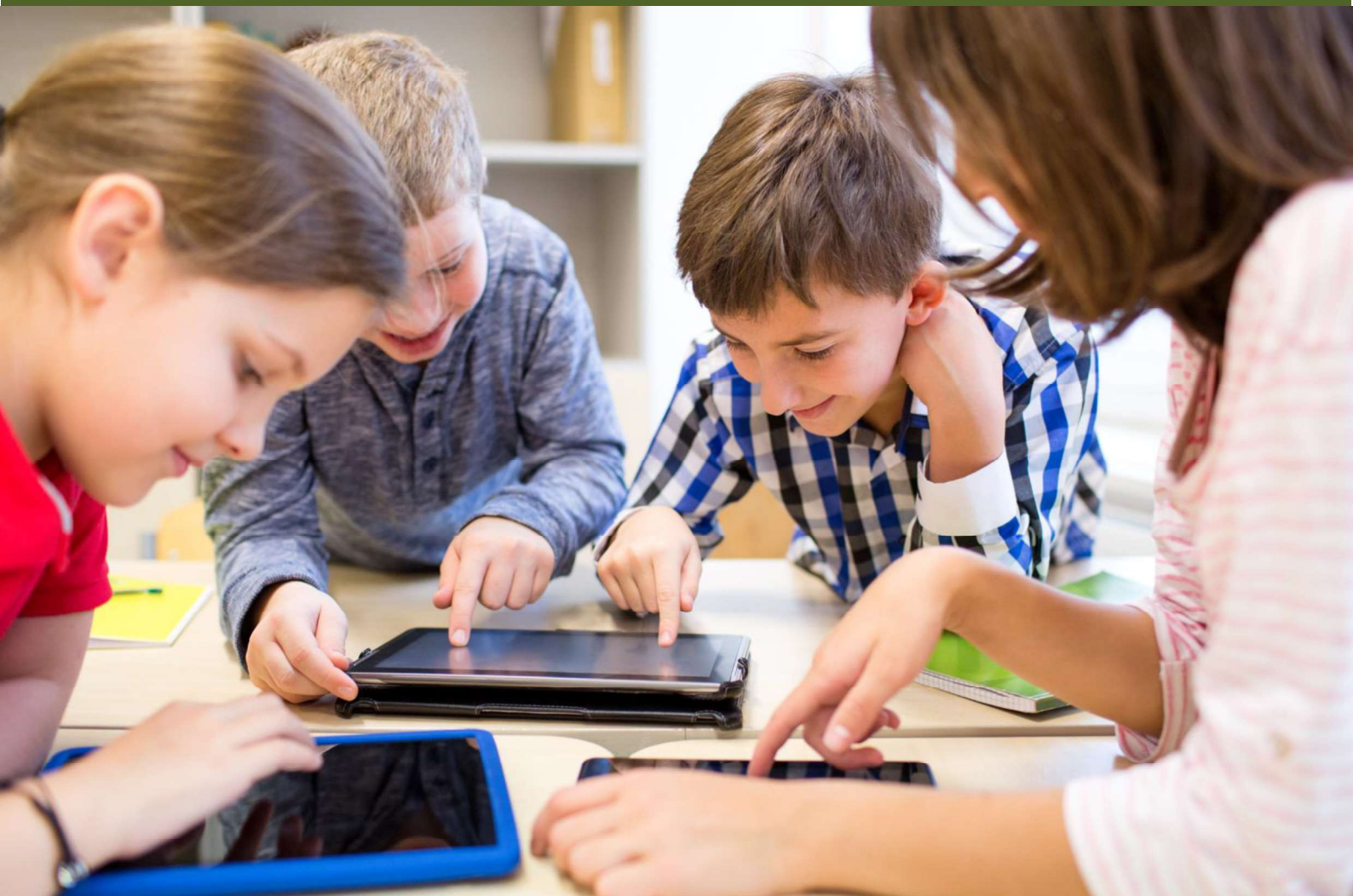


FERNANDO MARTINS
RICARDO PINTO
CECÍLIA COSTA
EDITORES

ARTEFACTOS DIGITAIS, APRENDIZAGENS E CONHECIMENTO DIDÁTICO

CONTRIBUTOS PARA PROMOVER A COMPREENSÃO DA MATEMÁTICA



ARTEFACTOS DIGITAIS, APRENDIZAGENS E CONHECIMENTO DIDÁTICO

CONTRIBUTOS PARA PROMOVER A COMPREENSÃO DA MATEMÁTICA

Editores

FERNANDO MARTINS

(ESEC . i2A . NIEFI . Politécnico de Coimbra . fmlmartins@esec.pt)
(Instituto de Telecomunicações, Universidade da Beira Interior)

RICARDO PINTO

(AHM . Associação Hypatiamat . rmnpslb@gmail.com)
(ESEC . i2A . NIEFI . Politécnico de Coimbra)

CECÍLIA COSTA

(ECT . Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro . mcosta@utad.pt)
(CIDTFF . Universidade de Aveiro)



**Escola Superior
de Educação**

Politécnico de Coimbra

título

Artefactos Digitais, Aprendizagens e Conhecimento Didático - Contributos para Promover a Compreensão da Matemática

editores

Fernando Martins – *Instituto Politécnico de Coimbra*

Ricardo Pinto – *Associação Hypatiamat/NIEFI-ESEC-IPC*

Cecília Costa – *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*

revisores externos

Abílio Lourenço – *Universidade Fernando Pessoa, Portugal*

Ana Cristina Rosa – *Universidade de Coimbra, Portugal*

Carlos Miguel Ribeiro – *Universidade Estadual de Campinas, Brasil*

Clara Viegas – *Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal*

Cristina Martins – *Instituto Politécnico de Bragança, Portugal*

Dina Loff – *Universidade de Coimbra, Portugal*

Floriano Viseu – *Universidade do Minho, Portugal*

Helena Albuquerque – *Universidade de Coimbra, Portugal*

Manuel Cebrián de la Serna – *Universidade de Málaga, Espanha*

Manuel Vara Pires – *Instituto Politécnico de Bragança, Portugal*

Maria Olímpia Paiva – *Universidade do Minho, Portugal*

Nuno Martins – *Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal*

Paula Catarino – *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*

Pedro Tadeu – *Instituto Politécnico da Guarda, Portugal*

Rafael Pérez Galán – *Universidade de Málaga, Espanha*

Vanda Santos – *Universidade de Aveiro, Portugal*

editora

Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Educação de Coimbra

ISBN: 978-989-99491-5-7

suporte: Eletrónico

formato: PDF/PDF/A

data: dezembro de 2022

Copyright

Todos os direitos reservados ao Instituto Politécnico de Coimbra - Escola Superior de Educação de Coimbra. É proibida a duplicação ou reprodução deste volume, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrónico, mecânico, gravação fotocópia, entre outros), sem permissão expressa dos editores e dos autores.

Capítulo 8

Educação e Práticas STE(A)M: uma revisão sistemática

Sofia Laura Costa

Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
CIDTFF—Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores,
Universidade de Aveiro
slcosta@ua.pt

J. Bernardino Lopes

Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
CIDTFF—Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores,
Universidade de Aveiro
blopes@utad.pt

Cecília Costa

Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
CIDTFF—Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores,
Universidade de Aveiro
mcosta@utad.pt

Fernando Martins

Instituto Politécnico de Coimbra, ESEC, IIA, NIEFI, UNICID, ROBOCORP
Instituto de Telecomunicações
fmlmartins@esec.pt

1. Introdução

A revolução tecnológica tem vindo a alterar a forma como vemos e interpretamos o mundo que nos rodeia. Neste sentido, a comunidade escolar procurou acompanhar esta evolução, dando respostas aos interesses e necessidades futuras dos alunos e do país (Lee et al., 2022). Para atender às necessidades de um mundo mais centrado na Ciência e Tecnologia (NSF, 1998), na década de 90, surgiram nos Estados Unidos da América (EUA), relatórios educativos, por exemplo da *National Science Foundation* (NSF) (NSF, 1998) e da *National Commission on Excellence in Education* (NCEE, 1983) e opiniões de investigadores, professores universitários e alunos que revelaram lacunas na Educação em Ciências, Matemática, Engenharia e Tecnologia (SMET) (Breiner et al., 2012). Em 2001, devido à difícil articulação da sigla, a Diretora da Divisão de Educação e Recursos Humanos da NSF, Judith A. Ramaley, alterou a sigla SMET para STEM (Christenson, 2011). A NSF definia as áreas do estudo STEM como Matemática, Ciências Naturais, Engenharia e Ciências Informáticas e da Informação. Incluía também as Ciências Sociais/Comportamentais (Psicologia, Economia, Sociologia e Ciências Políticas) (Green, 2007). Desde 2001 que o termo STEM se tem difundido pelo mundo e a sua interpretação também tem variado (Breiner et al., 2012). Sanders (2009) cria o termo Educação STEM no seu Programa de Pós-Graduação Da Virginia Tech como complemento ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica. Estão identificadas, pela literatura (Sanders, 2009), lacunas conceituais relacionadas com STEM e Educação STEM, onde vários autores utilizam a sigla STEM erradamente, já que a utilização deste termo é uma referência às áreas em que os cientistas, engenheiros e matemáticos trabalham. Já os professores destas áreas são designados Educadores STEM que trabalham na Educação STEM. Devido à ambiguidade do termo STEM e ao seu grande objetivo de sublinhar a importância de centrar o seu Programa em novas abordagens integrativas de Educação STEM, Sanders (2009) alterou a designação do seu Programa de Pós-Graduação para Educação Integrativa STEM. Gonzalez e Kuenzi (2012) definem Educação STEM como um termo referente ao ensino e à aprendizagem nas áreas do estudo da Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, incluindo atividades educativas para todas as etapas educativas, desde a Educação Pré-Escolar ao Doutoramento, do ensino formal e não formal.

Bybee (2010) refere que para que seja possível uma reforma no ensino, além de definir Educação STEM é fundamental que o desenvolvimento da Literacia STEM, nos alunos, se torne uma prioridade educativa. O mesmo autor, inspirado na estrutura científica do PISA 2006 (*Programme for International Student Assessment*) (OECD, 2006), apresentou o seu entendimento relativamente à Literacia STEM, uma estrutura de contextos para a Educação STEM, as competências que podem ser usadas como resultados da aprendizagem para a Educação STEM. A

Literacia STEM engloba os conhecimentos conceituais, as competências e as habilidades processuais para que os alunos abordem questões pessoais, sociais e globais relacionadas com as áreas do estudo STEM. Envolve também, a integração de áreas do estudo STEM e quatro “componentes inter-relacionados e complementares” (Bybee, 2010, p. 31). A prática pedagógica¹⁰ desenvolvida na Educação STEM assenta em problemas atuais e reais, com temas pertinentes e fundamentais de serem abordados, como a saúde, eficiência energética, recursos naturais, qualidade ambiental, mitigação do perigo e fronteiras da STEM. A exploração destas temáticas deve ser breve (2 a 6 semanas), de duração adequada à faixa etária dos alunos e ao seu estágio de desenvolvimento (dos 5 aos 17 anos) (Bybee, 2010). À medida que exploram as temáticas, os alunos, devem atingir habilidades relativas às várias áreas do estudo STEM e aplicar os conhecimentos adquiridos na busca de soluções adequadas. Em suma, Bybee (2010) sugere um Framework para um Modelo das áreas do estudo STEM (Figura 1).

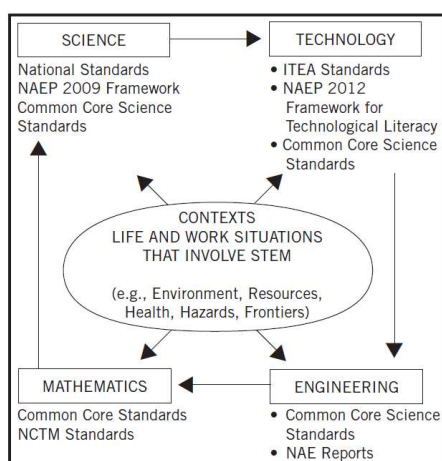


Figura 6. Framework para um Modelo das áreas do estudo STEM (Bybee, 2010)

Durante a evolução das diferentes correntes da Educação STEM verificou-se que, além dos domínios curriculares que a compõem, estas podem também integrar outras disciplinas curriculares como as Artes e a História (Sanders, 2009). A Arte assumiu-se como uma área do saber tão necessária quanto as áreas da Educação STEM, uma vez que desenvolve habilidades críticas e o pensamento criativo na resolução de problemas, e permite a resolução de problemas técnicos através da imaginação dos indivíduos (Uğur-Erdoğan, 2021). O bom uso da imaginação pode “desenvolver estratégias de aprendizagem, estimular o potencial de aprendizagem, aprofundar a compreensão, reduzir a carga de aprendizagem e melhorar a simulação mental e a

¹⁰ A prática pedagógica é “... uma prática social orientada por objetivos, finalidades e conhecimentos, e inserida no contexto da prática social. A prática pedagógica é uma dimensão da prática social ...” (Veiga, 1992, p. 16)

imaginação entre os alunos” (Chung et al., 2022, p. 906). Assim, é essencial o desenvolvimento da Educação Artística desde os primeiros anos de escolaridade (Taylor & Taylor, 2017). Neste sentido, Yakman (2008) apresentou uma extensão da Educação STEM designada Educação STEAM.

A Educação STEAM, para Yakman (2008) é um Modelo educativo, em desenvolvimento, de como as disciplinas tradicionais (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) (silos¹¹) podem ser estruturadas de forma a obter uma planificação de um currículo integrado. Inclui revisões epistemológicas de desenvolvimento gerais e específicos da disciplina, bem como os padrões de disciplina individual no que diz respeito à educação integrativa ou holística. Na criação deste modelo de Educação STEAM, a autora pretendia atingir dois objetivos: (i) criar uma estrutura que permitisse aos alunos compreender a importância das relações das diferentes áreas e respeitar a necessidade de desenvolver habilidades em cada uma; (ii) criar uma estrutura que permitisse auxiliar os alunos a organizar o ensino das áreas, não hierarquicamente, mas com ligações transdisciplinares.

A visão sobre as áreas do estudo STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), tal como sucedeu com as áreas do estudo STEM, tem diferentes interpretações e entendimentos na literatura. Para a criadora da Educação STEAM (Yakman, 2008): A Ciência pode ser vista sob o ponto de vista do conhecimento científico, como um conjunto de processos investigativos e como atividade conectada com a Tecnologia e a sociedade; a Tecnologia envolve tudo o que o Homem cria/constrói; A Engenharia desenvolve habilidades associadas à Matemática e aos princípios científicos, de forma a realizar experiências, analisar e interpretar dados, trabalhar em equipa,

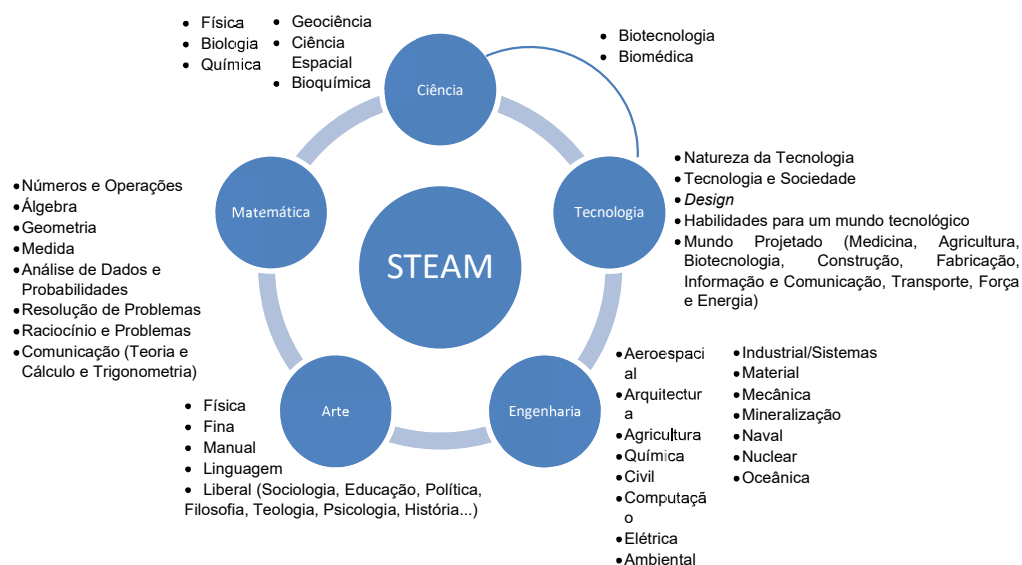


Figura 7. Classificações para as áreas do estudo STEAM apresentadas por Yakman (2008).

¹¹ Pode consultar o que se entende por “silos” no estudo dos autores Taylor e Taylor (2017)

identificar questões e problemas, mostrar responsabilidade e comunicar para viver em sociedade e agir sobre ela de forma positiva; as Artes estão interligadas com a Engenharia. Também podem ser identificadas através da forma como a sociedade se desenvolve, impacta, comunica e compreende as suas atitudes e costumes no passado, presente e futuro; a Matemática é usada pela sociedade de várias formas, através da Tecnologia produtiva ou para compreender o mundo natural. Na Figura 2 podemos ver as classificações que Yakman (2008) designa para as áreas do estudo STEAM.

Em suma, a Educação STEAM pretende desenvolver, nos alunos, habilidades específicas de resolução e problemas que a *National Art Education Association* (NAEA) declara que devem ser incorporadas ao ensino das Artes (e.g. habilidade de performance – forma de realizar ideias artísticas por meio de interpretação e apresentação).

A prática pedagógica desenvolvida na Educação STEAM, apresentada por Yakman (2008) surge representada numa estrutura piramidal onde apresenta diferentes áreas do estudo e relaciona-os com os diferentes níveis de integração associando-os às etapas educativas mais adequadas.

O desenvolvimento da compreensão da Educação STE(A)M (Educação STEM e Educação STEAM) passa também pelo entendimento dos desafios que estas representam para alunos e para professores (Lasa et al., 2020). A qualidade das práticas de ensino da Educação STE(A)M influenciam diretamente as aprendizagens dos alunos (Kim & Lee, 2018; Sauer et al., 2020). Portanto é urgente definir quais as práticas pedagógicas que auxiliam professores e alunos tanto no ensino como na aprendizagem da Educação STE(A)M. Ma (2021), sublinha que é necessário assumir a Educação STEM como um campo curricular e não apenas como um conjunto de ferramentas a ser usado pela economia e política do país. Para que esta visão suceda, há uma dupla responsabilidade a apontar: aos professores e às políticas educativas do país (Mystakidis & Christopoulos, 2022). Cabe aos professores investirem no seu Desenvolvimento Profissional - DP (Pasani & Amelia, 2021), seja ele através de workshops, experiências de ensino, Formação Inicial de Professores (FIP) ou outros. Já as entidades competentes devem projetar os currículos escolares e fazer um investimento na sua adaptação para o bom desenvolvimento de práticas inovadoras que promovam aprendizagens significativas nos alunos (Martínez-Borreguero et al., 2022). Estes esforços já são visíveis no desenvolvimento de várias áreas do estudo, como por exemplo, na Física (Lopes & Costa, 2021), na Música (A. Silva et al., 2021) ou na Dança (Bassachs et al., 2020).

O objetivo desta revisão sistemática é apresentar o panorama dos últimos dez anos relativamente à forma como tem sido estudada a Educação STE(A)M e implementadas Práticas STE(A)M (Práticas STEM e Práticas STEAM). Desta forma, formulou-se a seguinte questão de investigação: de que forma é que a Educação STE(A)M e as Práticas STE(A)M têm sido desenvolvidas?

2. Metodologia

A estrutura desta revisão sistemática da literatura regeu-se pelos princípios da Declaração PRISMA (Page et al., 2021), tendo em conta os critérios de inclusão definidos e explicados de seguida (Higgins & Thomas, 2021).

2.1. Procedimento de seleção de artigos

A recolha dos artigos para investigação foi realizada na última semana de março de 2022 nas bases de dados SCOPUS da Elsevier e Web of Science da Clarivate. A investigação teve em conta os artigos publicados nos últimos dez anos, ou seja, entre 2012 e 2022. Os termos de pesquisa foram ST = ("STEM" OR "STEAM") AND ("elementary School" OR "Primary School" OR "K-12") AND ("Teacher Training" OR "Teaching Approaches"). De seguida foram analisados, pelo título, resumo e palavras-chave, os artigos que incluíam Educação STEAM ou Práticas STEAM ou Educação STEM ou Práticas STEM.

2.2. Critérios de elegibilidade

Foram aplicados os critérios de inclusão de pesquisa que se seguem: (i) artigos publicados entre o dia 1 de janeiro de 2012 e 11 de maio de 2022; (ii) artigos escritos em português ou inglês; (iii) artigos que não façam parte do mesmo estudo (caso façam, é incluído o artigo mais recente); (iv) artigos com indexação à base de dados SCOPUS; (v) artigos que tenham como foco principal a Educação STE(A)M ou as Práticas STE(A)M. Como critérios de exclusão foram aplicados os seguintes: (i) artigos com publicações anteriores a 1 de janeiro de 2012; (ii) publicações sem acesso ao texto completo; (iii) teses ou dissertações académicas; (iv) artigos de revisão; (v) artigos que não contemplem os termos Educação STEAM, Práticas STEAM, Educação STEM, Práticas STEM no estudo; (vi) artigos sem o foco na Educação STE(A)M ou nas Práticas STE(A)M.

O processo de seleção seguiu as seguintes etapas: (1) pesquisa guiada pelos descritores nas referidas bases de dados; (2) exclusão de artigos duplicados; (3) exclusão de artigos fora do período selecionado; (4) exclusão de artigos sem indexação à base de dados SCOPUS; (5) exclusão de artigos que não disponibilizavam o texto completo; (6) exclusão de artigos de revisão; (7) exclusão de artigos que façam parte do mesmo estudo; (8) exclusão de artigos que na leitura de título, resumos e palavras-chave era verificado que a Educação STE(A)M ou as Práticas STE(A)M não eram relevantes; (9) exclusão de artigos de erros de pesquisa, ou seja, artigos que não contemplavam a Educação STE(A)M ou as Práticas STE(A)M e que não abordavam a temática noutros conceitos semelhantes; (10) leitura crítica e avaliação de artigos (Figura 3).

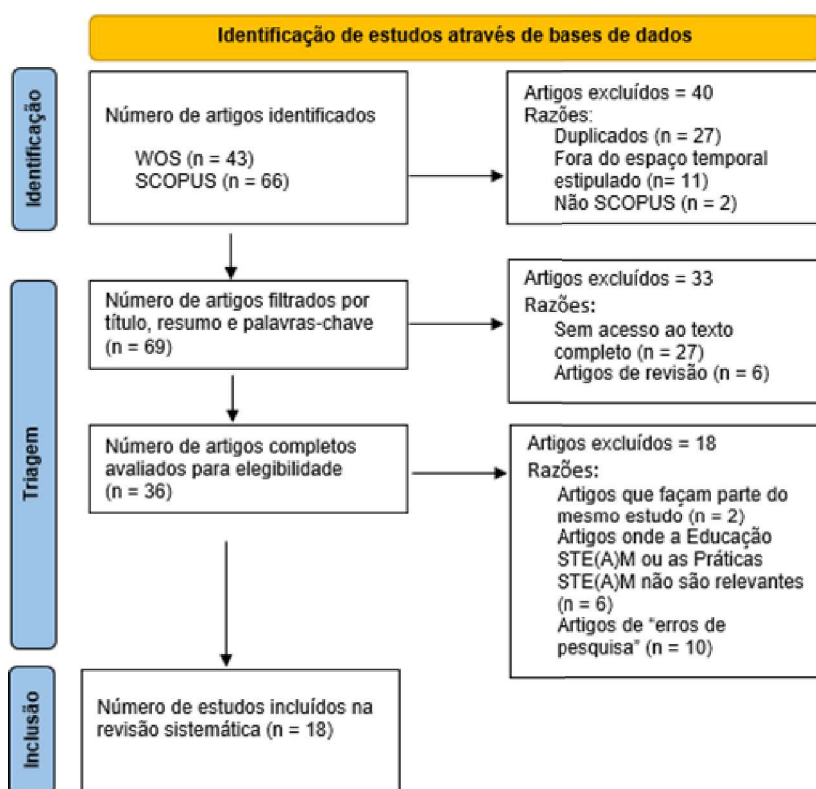


Figura 8. Fluxograma do procedimento de seleção de artigos

2.3. Procedimento de extração de dados

A extração de dados seguiu as seguintes unidades de análise:

1. Linguagem utilizada: Educação STEAM, Práticas STEAM, Educação STEM ou Práticas STEM;
2. Modelos de formação usados para desenvolver as Práticas STE(A)M;

3. Foco em que foram desenvolvidas as Práticas STE(A)M;
4. Destinatários das intervenções;
5. Objetivos dos estudos;
6. Conclusões apresentadas no desenvolvimento da Educação STE(A)M ou Práticas STE(A)M;
7. Sugestões para estudos futuros.

Os documentos foram selecionados associando cada unidade de análise a exemplos da codificação em uso (Tabela 1). Dos artigos selecionados, só foram extraídos os dados que surgiam de forma explícita. Para os dados que eram omissos ou pouco claros, designamos *Não especificado*. Para os dados que surgiam mais desenvolvidos, designamos *Direto*, para os que se remetiam a uma leitura de siglas por *Indireto*.

Tabela 1. Descrição das unidades de análise

Unidade de análise	Seções em análise	Codificação
1. Linguagem utilizada: Educação STEAM, Práticas STEAM, Educação STEM ou Práticas STEM	- Título - Resumo - Palavras-chave - Introdução - Revisão da literatura	- Especificado - Não especificado
2. Modelos de formação usados para desenvolver as Práticas STE(A)M	- Resumo - Metodologia	- Experiências de ensino - Formação inicial de professores - Workshops/Projetos - Formação universitária
3. Foco em que foram desenvolvidas as Práticas STE(A)M	- Resumo - Metodologia - Procedimento	- Especificado - Não especificado
4. Destinatários das intervenções	- Resumo - Metodologia	- Professores ¹²

¹² Professores ou Educadores

	- Procedimento	- Alunos ¹³ - Professores e alunos - Alunos da FIP - Alunos do Ensino Superior
5. Objetivos dos estudos	- Resumo - Metodologia	- Especificado - Não especificado
6. Conclusões apresentadas no desenvolvimento da Educação STE(A)M ou Práticas STE(A)M	- Discussão - Conclusões	- Especificado - Não especificado
7. Sugestões para estudos futuros	- Conclusões	- Especificado - Não especificado

2.4. Descrição dos artigos em análise

Na Tabela 2 podemos verificar as principais características dos 18 artigos selecionados para a revisão sistemática da literatura: autor(es), ano de publicação, país, etapa educativa para a qual cada intervenção educativa foi desenhada e *design* do estudo.

Tabela 2. Características dos artigos

n	Ref. artigo	Ano	País	Etapas educativas	Design do estudo
1	(Martínez-Borreguero et al., 2022)	2022	Espanha	FIP (1.º CEB)	Quase experimental
2	(Mystakidis & Christopoulos, 2022)	2022	Grécia	1.º, 2.º, 3.º CEB e Ensino Secundário	Estudo exploratório
3	(Lasa et al., 2022)	2022	Espanha	FIP (Educação Pré-escolar, 1.º CEB)	Estudo exploratório
4	(Pasani & Amelia, 2021)	2021	Indonésia	1.º, 2.º e 3.º CEB	Investigação-ação
5	(Oppermann et al., 2021)	2021	Finlândia	1.º CEB	Estudo exploratório

¹³ Aluno em etapas educativas inferiores ao Ensino Superior

6	(Song & Zhou, 2021)	2021	China	1.º, 2.º, 3.º CEB e Ensino Secundário	Estudo exploratório
7	(Uğur-Erdoğan, 2021)	2021	Turquia	Educação Pré-escolar	Estudo exploratório
8	(R. Silva et al., 2021)	2021	Portugal	1.º CEB	Investigação-ação
9	(Boeve-de Pauw et al., 2020)	2020	Bélgica	2.º CEB	Estudo exploratório
10	(Sauer et al., 2020)	2020	Brasil	FIP	Estudo exploratório
11	(Vakaloudis et al., 2019)	2019	Irlanda	1.º CEB	Estudo exploratório
12	(Rivera et al., 2019)	2019	EUA	1.º e 2.º CEB	Estudo exploratório
13	(Tillinghast et al., 2019)	2019	EUA	1.º e 2.º CEB	Estudo exploratório
14	(Xu et al., 2019)	2019	Austrália	1.º CEB	Estudo exploratório
15	(Wu et al., 2019)	2019	China	Ensino Superior	Estudo exploratório
16	(Kim & Lee, 2018)	2018	Coreia do Sul	1.º, 2.º, 3.º CEB e Ensino Secundário	Estudo exploratório
17	(Dan & Gary, 2018)	2018	China	1.º CEB	Estudo de caso
18	(Petrosino & Shekhar, 2018)	2018	EUA	FIP	Estudo exploratório

3. Resultados e discussão

Das duas bases de dados analisadas, obtiveram-se 109 resultados que foram considerados elegíveis: SCOPUS ($n = 66$) e Web of Science ($n = 43$). Após a aplicação dos critérios de seleção, para esta revisão sistemática da literatura, resultaram 18 estudos que de seguida foram analisados. Os restantes foram excluídos segundo os critérios já explicados.

3.1. Resumo dos estudos selecionados

Na Tabela 3 verificamos os detalhes dos estudos analisados para esta revisão sistemática. Esta revisão sistemática tem como objetivo analisar a forma como tem sido estudada a Educação STE(A)M e implementadas Práticas STE(A)M. Pela análise dos 18 artigos selecionados e pelo estado da arte, podemos afirmar que a Educação STE(A)M se têm

difundido ao longo dos anos por vários países, desde a Educação Pré-Escolar ao Ensino Superior, em ensino formal e não formal.

Dos estudos analisados, o 1.º CEB é a etapa educativa onde os professores mais investem no desenvolvimento de Práticas STEM (Dan & Gary, 2018; Oppermann et al., 2021; R. Silva et al., 2021; Vakaloudis et al., 2019; Xu et al., 2019), enquanto que a Educação Pré-Escolar é a etapa educativa em que há menos investigação desenvolvida (Uğur-Erdoğan, 2021). Apenas um estudo contempla o Ensino Superior (Wu et al., 2019). Verifica-se uma preocupação em preparar os futuros professores para a Educação STEM, através da FIP (Lasa et al., 2022; Martínez-Borreguero et al., 2022; Petrosino & Shekhar, 2018; Sauer et al., 2020). As Práticas STEAM aglomeram várias etapas educativas estendendo a sua aplicabilidade do 1.º CEB ao Ensino Secundário (Kim & Lee, 2018; Pasani & Amelia, 2021).

O foco das Práticas STE(A)M dispersa-se segundo os interesses e necessidades de cada contexto educativo. Nos estudos analisados os focos evidenciam-se: na Física (Martínez-Borreguero et al., 2022), na Realidade Virtual (Mystakidis & Christopoulos, 2022), nas crenças e perceções (Dan & Gary, 2018; Kim & Lee, 2018; Lasa et al., 2022; Song & Zhou, 2021), nas aspirações profissionais (Oppermann et al., 2021), na Educação Robótica (Uğur-Erdoğan, 2021), nos manipulativos virtuais G(R. Silva et al., 2021), na atitude dos alunos face à Tecnologia (Boeve-de Pauw et al., 2020), no desenvolvimento de atividades STEM (Pasani & Amelia, 2021; Rivera et al., 2019; Sauer et al., 2020), na criação de plataformas virtuais (Vakaloudis et al., 2019), na Geociência (Tillinghast et al., 2019), no empreendedorismo (Xu et al., 2019), no *scaffold* e *design thinking* (Wu et al., 2019) e no EBS (Petrosino & Shekhar, 2018).

Da revisão efetuada, existem evidências de que os professores não têm conhecimento necessário para lidar eficazmente com práticas interdisciplinares, como é o caso das Práticas STE(A)M, (Kim & Lee, 2018; Martínez-Borreguero et al., 2022; Pasani & Amelia, 2021; R. Silva et al., 2021). Ao investir: na formação inicial de educadores de infância e professores; na formação contínua em didática; no conhecimento científico; no DP; no tempo de discussão e reflexão dedicado a estas práticas; no desenvolvimento da cultura escolar de apoio; em reuniões regulares a pares, o educador de infância ou professor melhora as suas Práticas STE(A)M e a qualidade do ensino e da aprendizagem dos alunos (Dan & Gary, 2018; Martínez-Borreguero et al., 2022; Tillinghast et al., 2019; Uğur-Erdoğan, 2021). Para que os educadores de infância e os professores possam agir legalmente e se sintam apoiados e motivados ao desenvolver estas práticas, cabe aos poderes políticos a responsabilidade de: incluir o ensino interdisciplinar das áreas do estudo STEM nos currículos; reorganizar os programas de FIP e incluir a Educação STE(A)M com componente teórica e prática, a

Educação Robótica, as crenças e percepções dos alunos e interliga-las com a prática e incluir o EBS; rever as políticas educativas para que se promovam mais ações de formação STE(A)M e procurar um equilíbrio entre os tempos dedicados a cada área do saber; investir em instalações adequadas; inserir a Educação Robótica no currículo da Educação Pré-Escolar; disponibilizar materiais essenciais e que são dispendiosos às escolas; dar a possibilidade de adaptação do currículo ao contexto educativo (Lasa et al., 2022; Martínez-Borreguero et al., 2022; Mystakidis & Christopoulos, 2022; Pasani & Amelia, 2021; Petrosino & Shekhar, 2018; R. Silva et al., 2021; Song & Zhou, 2021; Uğur-Erdoğan, 2021).

Os resultados dos estudos no âmbito das Práticas STEM, cujos participantes foram alunos de etapas educativas anteriores ao Ensino Superior, revelam que as Práticas STEM proporcionam aos alunos o desenvolvimento da autorregulação e co-regulação de cognição, comportamento, motivação e emoções por parte dos alunos (R. Silva et al., 2021). Além disso, este tipo de práticas proporciona o desenvolvimento de tarefas do quotidiano dos alunos, o gosto pela descoberta e a pré-disposição para a proposta novos desafios, o que consequentemente cria condições para que os alunos se sintam mais motivados (Boeve-de Pauw et al., 2020; R. Silva et al., 2021). Ainda assim, o professor, no 1.º CEB, não consegue motivar os alunos de igual forma em todas as disciplinas (Oppermann et al., 2021). Nestas práticas, os alunos vêem a Tecnologia como uma opção de carreira (Boeve-de Pauw et al., 2020). Quando as Práticas STEM são desenvolvidas com recurso a *scaffold's* (adaptativos e estático), então estes desempenham papéis diferentes e devem complementar-se para equilibrar a atenção à criatividade durante o *design*, com a necessidade de estruturar adequadamente a solução de *design* de aprendizagem STEM complexa e integrada (Wu et al., 2019).

Tabela 3. Resumo estruturado dos estudos selecionados na análise

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
1	Development of Instructional Resources for Teaching Optics to Teachers-in-Training: Influence on Learning and Self-Teacher Efficacy	Comparar a influência de duas metodologias (tradicionais e ativas - simuladores hiperrealistas e Práticas STEM) de ensino na auto-eficácia de aprendizagem e ensino dos professores estagiários para conteúdos de Física relacionados com a luz e a cor: 1. Validar do ponto de vista didático a utilidade das ferramentas didáticas desenvolvidas para a aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas STEM; • Física; • FIP do 1.º CEB; • 173 alunos; • Duração: n.d¹⁴. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os professores estagiários que trabalharam com simulações hiperrealistas e Práticas STEM, assimilaram o conhecimento de forma mais satisfatória, alcançando uma aprendizagem significativa e por isso o conhecimento perdurou ao longo do tempo; • Os professores estagiários que trabalharam sob uma metodologia mais tradicional, não retiveram o conhecimento por muito tempo; • Os professores estagiários sentem-se mais competentes para 	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização de simulações hiperrealistas e as Práticas STEM concebidas promovem a aquisição de competência científicas no professor estagiário, combatendo os preconceitos encontrados nos formandos e aumentando significativamente a aprendizagem de ótica a longo prazo em comparação com o ensino mais tradicional; • A utilização de metodologias ativas permite uma mudança da atitude dos professores estagiários. Ao 	<ul style="list-style-type: none"> • É fundamental incluir o ensino interdisciplinar das áreas do estudo STEM nos currículos para ajudar os educadores/professores a entender as disciplinas científico-tecnológicas como entidades interconectadas com o quotidiano; • É importante reorganizar os programas de FIP, uma vez que a educação STEM exige que os professores se destaquem no uso apropriado de conhecimentos, habilidades e atitudes em relação às disciplinas científico-tecnológicas.

¹⁴ Não definido

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
		<p>dos conteúdos de ótica selecionados;</p> <p>2. Verificar se os conceitos de luz e cor aprendidos pelos professores estagiários por meio de diferentes metodologias de ensino perduram ou são esquecidos com o passar do tempo;</p> <p>3. Testar se os níveis de auto-eficácia docente melhoram em função das metodologias de ensino aplicadas com os professores estagiários.</p>		ensinar conceitos de ótica aos seus alunos.	<p>envolverem-se na aprendizagem aumentam as crenças de autoeficácia docente;</p> <ul style="list-style-type: none"> • O uso de ferramentas didáticas, Práticas STEM levou a um aumento considerável no nível de aprendizagem sobre ótica e, consequentemente, uma melhora na alfabetização científica dos professores estagiários. 	
2	Teacher Perceptions on Virtual Reality	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver competências pedagógicas de conteúdo e 	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas STEM; • Realidade Virtual; 	Os professores tornaram-se mais capazes para adotar métodos e tecnologias inovadoras que lhes permitam aplicar cenários de		É fundamental rever as políticas educativas para que se promovam mais

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
	Escape Rooms for STEM Education	<p>tecnologias para a inovação educativa;</p> <ul style="list-style-type: none"> Analisar qual a visão dos professores em serviço sobre o uso de uma “<i>scape room</i>” digital educativa em Realidade Virtual. 	<ul style="list-style-type: none"> Biologia; Projeto VRER; 41 professores do 1.º, 2.º e 3.º CEB e Ensino Secundário; Duração: n.d. 	aprendizagem mistos (presencial e virtual), centrados no aluno.		ações de formação que permitam um DP dos professores. Assim, fomenta-se a prática e a criatividade dos professores beneficiando a qualidade do que é aprendido, aumentando a motivação dos alunos e o envolvimento com as áreas do estudo STEM.
3	Teacher Degree Students Attitudes Towards STEM Activities in two Spanish Universities	Analisar as crenças e percepções dos alunos da FIP relativamente às disciplinas científicas existentes na formação docente.	<ul style="list-style-type: none"> Educação STEM; e Crenças das perceções das disciplinas da FIP; FIP da Educação Pré-Escolar e 1.º CEB; 520 alunos; Duração: n.d. 	<ul style="list-style-type: none"> Os alunos da FIP são, na sua maioria, mulheres jovens com alto índice académico; Há uma maior propensão para a mudança área do Ensino Secundário, no que diz respeito às humanidades; Os alunos do Ensino Secundário não mudam a sua áreas de interesse; Há um maior interesse dos alunos da FIP em História & Artes e 	<ul style="list-style-type: none"> O ensino Espanhol para alunos entre os 12 e 15 anos promove o uso de metodologias de projeto e laboratório. No entanto, é durante esta mesma idade que os alunos mais se afastam das atividades experimentais e se apegam mais à Matemática; Relativamente às áreas do estudo STEM, os alunos da FIP internacional 	O sistema educativo estipula um tempo finito, dedicado ao ensino de cada disciplina. As políticas educativas devem procurar um equilíbrio entre os tempos de cada área do saber para que os resultados dos alunos sejam proveitosos, bem como, a aprendizagem de cada disciplina se associe ao desenvolvimento que cada aluno tem que fazer do seu “eu” para o seu futuro.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
			<p>em Língua & Literatura;</p> <ul style="list-style-type: none"> • A Matemática é destacada pelos alunos, da FIP, como disciplina essencial; • As Ciências Experimentais são enunciadas como dispensáveis. 	<p>valorizam a língua estrangeira em detrimento da Ciência.</p>		
4	Introduction of the integrative STEAM approach as a learning innovation in the COVID-19 pandemic in South Kalimantan	Introduzir a Educação STEAM como uma inovação de aprendizagem.	<ul style="list-style-type: none"> • Educação STEAM; • Práticas STEAM; • Introdução à abordagem STEAM; • Experiência de ensino; • 120 professores do 1.º, 2.º e 3.º CEB; • Duração: 1 dia. 	<p>3 etapas de desenvolvimento das sessões: abordagem teórica da Educação STEAM; abordagem integrativa; abordagem avaliativa;</p> <ul style="list-style-type: none"> • A abordagem integrativa da Educação STEAM está no centro das atenções dos professores; • Houve um aumento dos <i>insights</i> e conhecimentos dos professores sobre a abordagem 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os participantes mostraram-se interessados e motivados; • Os professores não estão necessariamente prontos para desenvolver Práticas STEAM; • Os professores devem receber formação e instalações adequadas para ensinar Educação STEAM. 	<p>A escola deve promover formação de ensino da Educação STEAM para ajudar os professores a ensinar dentro desta abordagem.</p>

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>integrativa da Educação STEAM;</p> <ul style="list-style-type: none"> A grande maioria dos participantes afirmam ter uma melhor compreensão da elaboração de uma planificação de implementação da aprendizagem; Todos os participantes estavam motivados durante o decorrer da atividade de aprendizagem; A grande maioria dos participantes acredita que a implementação da integração da Educação STEAM na aprendizagem melhora a capacidade dos alunos de pensar criticamente, criativamente e de forma inovadora. 		
5	Elementary school students'	<ul style="list-style-type: none"> Identificar e analisar 	<ul style="list-style-type: none"> Educação STEM; 	<ul style="list-style-type: none"> Os alunos com baixa motivação e 	<ul style="list-style-type: none"> No 1.º CEB, as crianças não são 	<ul style="list-style-type: none"> É necessário realizar estudos mais

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
	<p>motivational profiles across Finnish language, mathematics and science: Longitudinal trajectories, gender differences and STEM aspirations</p>	<p>autoconceito e os perfis de valor intrínseco dos alunos do 1.º CEB nas disciplinas de Língua Finlandesa, Matemática e Ciências;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisar a estabilidade e a mudança dos perfis motivacionais dos alunos do 2.º e 3.º ano de escolaridade; • Analisar as diferenças de género no perfil de Matemática; • Analisar a relação dos alunos com as aspirações profissionais em áreas do estudo STEM. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aspirações profissionais nas áreas do estudo STEM; • Projeto <i>The development of primary pupils' science related efficacy beliefs and motivation</i> • 383 alunos do 1.º CEB; • Duração: n.d. 	<p>com e alta motivação Matemática tinham mais chances de escolher áreas do estudo STEM do que os alunos no alta motivação;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os alunos que preferem Matemática à Língua Finlandesa e às Ciências eram mais propensos a aspirar a carreiras de áreas do estudo STEM do que os alunos que tinham crenças motivacionais em todas as três disciplinas; • Os meninos estavam mais motivados pela Matemática e tendiam a manter essa preferência ao longo do 2.º e 3.º anos. Esta estabilidade nas preferências leva a que estes alunos 	<p>motivadas de igual forma para todas as disciplinas;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificou-se uma preferência constante, ao longo do ano letivo, pela Matemática, o que tem tendência a se interligar com as aspirações em áreas do estudo STEM; • Nem todas as crianças foram altamente motivadas em todas as disciplinas no início da escola primária; • Há uma preferência constante, ao longo do ano, pela Matemática que tendeu a estar ligada às aspirações em áreas do estudo STEM. 	<p>longitudinais que permitam traçar o perfil motivacional de raparigas e rapazes do Ensino Básico;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender o perfil motivacional dos alunos do Ensino Básico pode ajudar a compreender o desenvolvimento das diferenças de género nos percursos dos alunos de áreas do estudo STEM.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
6	STEM Teachers' Preparation, Teaching Beliefs, and Perceived Teaching Competence: a Multigroup Structural Equation Approach	<ul style="list-style-type: none"> Investigar o desenvolvimento das crenças dos professores chineses de Educação STEM e da competência profissional percebida durante os seus primeiros anos de serviço, abordando-se a preparação que eles receberam como professores em formação inicial o desenvolvimento das duas crenças e competência de ensino percebida durante os seus primeiros anos de serviços; Comparar os professores do Ensino Básico com os 	<ul style="list-style-type: none"> Educação STEM; Práticas STEM; Preparação docente, crenças e competências docente; Experiência de ensino; 219 professores do 1.º, 2.º e 3.º CEB e Ensino Secundário; Duração: n.d. 	<p>aspirem em áreas do estudo STEM.</p> <ul style="list-style-type: none"> Há uma relação significativa entre a preparação de professores em formação e as crenças e competências docentes enquanto professores em serviço. Os professores podem formar crenças diferentes após experiências particulares, na FIP. Para os professores do Ensino Básico, a formação ao nível do conhecimento teve um impacto significativo na formação das suas crenças, enquanto para os professores do Ensino Secundário, a prática docente afetou as crenças docentes. 	<ul style="list-style-type: none"> A análise das crenças dos professores sobre a Educação STEM deve ser incluída nos programas da FIP, uma vez que é provável que isso aumente a eficácia dos professores. Os programas da FIP devem ter como foco o auxílio aos professores em formação a tornar explícitas as conexões entre as suas crenças e a sua prática e a refletir sobre qualquer incoerência entre elas. 	<ul style="list-style-type: none"> É necessária mais investigação sobre a relação entre a preparação de professores e as crenças ou competências dos professores ao longo do tempo. Os programas de FIP devem ter como foco o auxílio aos professores em formação a tornar explícitas as conexões entre as suas crenças e a sua prática e a refletir sobre qualquer incoerência entre elas.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
		professores do Ensino Secundário quanto às relações entre a sua preparação para a prática STEM, as suas perceções e crenças sobre a Educação STEM e a sua perceção da sua própria competência docente.		<ul style="list-style-type: none"> Para os professores do Ensino Secundário, a prática da FIP era mais valorizada do que outros elementos de um programa de formação de professores. A prática de ensino dos professores do Ensino Secundário, durante a sua formação, afetou, de certo modo, as suas crenças de ensino e, por esse motivo, influenciou as suas competências de ensino em Educação STEM. 		
7	How Elementary Childhood Education Teachers Perceive Robotic Education in	Compreender as perceções dos educadores de infância sobre a Educação Robótica.	<ul style="list-style-type: none"> Práticas STEM; Educação Robótica; Experiência de ensino; 10 educadores de infância; Duração: n.d. 	<ul style="list-style-type: none"> Os educadores de infância não tinham experiência com robótica. No entanto, todos concordam com a inserção da Educação Robótica 	Os educadores de infância têm uma visão positiva relativamente à Educação Robótica. No entanto, os responsáveis políticos devem	<ul style="list-style-type: none"> Os potenciais benefícios da Educação Robótica para os alunos devem ser avaliados em estudos experimentais bem estruturados; A perspetiva dos educadores pode ser

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
	Kindergarten? A Qualitative Study			<p>na Educação Pré-Escolar;</p> <ul style="list-style-type: none"> Existe a necessidade de formação de educadores de infância, materiais, currículo, infraestruturas, suporte técnico e educação dos pais para a implementação adequada da Educação Robótica nos jardins de infância; Há a necessidade da adaptação de um currículo e materiais adequados; A Educação Robótica deve ser inserida no currículo da Educação Pré-Escolar e os materiais a serem usados devem ser fornecidos pela entidade 	<p>fornecer formação aos educadores, material, currículo e possibilidade de adaptação ao contexto.</p>	<p>analisada com métodos qualitativos;</p> <ul style="list-style-type: none"> Este estudo deve ser replicado noutros países; A Educação Robótica pode ser planeada e integrada no currículo da Educação Pré-Escolar; Devem ser promovidos mais programas de formação de educadores em serviço e a Educação Robótica deve ser inserida na formação inicial de educadores de infância; Os responsáveis políticos podem rever o contexto das salas Da Educação Pré-Escolar. Podem também fornecer kits robóticos gratuitos para as escolas.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>responsável pela educação do país;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os educadores de infância admitem a existência de vantagens na Educação Robótica nas crianças; • Os educadores de infância sublinham o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades de pensamento e habilidades psicomotoras durante a implementação da Educação Robótica; • Os custos dos kits robóticos, o número de alunos por turma e os possíveis efeitos negativos na socialização são as desvantagens apontadas pelos educadores de infância na promoção de 		

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>atividades com robótica;</p> <ul style="list-style-type: none"> • A Educação Robótica é considerada positiva pelos educadores de infância. No entanto, é necessário que haja alternativas mais baratas e estudos de investigação que corroborem ou desmintam a existência dessas mesmas vantagens; • O educador de infância deve ter conhecimentos do conteúdo de robótica; • As estratégias de ensino sugeridas foram: ensinar com jogos, demonstração, aprender fazendo, usando recursos visuais, do simples ao complexo, 		

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>trabalho de grupo, aprendizagem baseada em projetos, <i>brainstorming</i>, drama e currículo integrado.;</p> <ul style="list-style-type: none"> Os educadores de infância sugeriram a necessidade de um ambiente de aprendizagem simples e flexível para a implementação da Educação Robótica; A robótica deve ser realizada em ambientes diferentes, com uma sala apropriada e equipada com todo o material necessário e os alunos por turma devem ser reduzidos. Devem ser dados, às crianças, materiais 		

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
8	Using Mathematical Modelling and Virtual Manipulatives to Teach Elementary Mathematics	Contribuir para a criação de condições favoráveis à autorregulação e co-regulação das aprendizagens dos alunos e que permitisse a estes assumir um papel ativo na construção do seu conhecimento matemático	<ul style="list-style-type: none"> Educação STEM; Práticas STEM; Manipulativos virtuais; Experiência de ensino; 26 alunos do 1.º CEB; Duração: 8 Sessões. 	<p>inofensivos e tangíveis;</p> <ul style="list-style-type: none"> Os educadores de infância têm uma visão positiva relativamente à Educação Robótica. No entanto, os responsáveis políticos devem fornecer formação aos educadores, material, currículo e possibilidade de adaptação ao contexto. <ul style="list-style-type: none"> O professor pode ajudar os alunos a estabelecer conexões entre os conceitos matemáticos e a manipulação de <i>applet's</i>; O ambiente de aprendizagem (trabalho individual e coletivo com ensino diferenciado) permitiu o trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> É importante uma adequada integração da Tecnologia, nos processos de ensino e de aprendizagem; Uma prática STEM, em contexto de ensino, permite que os alunos tenham oportunidade de se expressarem de forma criativa, permitindo-lhes construir 	Os currículos da FIP devem ser revistos de forma a incluir, nas componentes prática e teórica, a Educação STEM.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
		relacionado com operações aritméticas elementares.		<p>autônomo dos alunos e uma intervenção minimalista do professor estagiário;</p> <ul style="list-style-type: none"> • O ambiente de aprendizagem promoveu situações de autorregulação e co-regulação de cognição, comportamento, motivação e emoções por parte dos alunos; • Implementar tarefas relacionadas com o quotidiano dos alunos, aumenta a motivação dos mesmos; • É importante que os professores em formação inicial tenham contacto com ambientes de aprendizagem que promovam uma adequada 	<p>competências que são transversais a outras áreas do saber;</p> <ul style="list-style-type: none"> • É importante que a FIP comece a incluir a Educação STEM nos seus currículos com componentes teóricas e práticas. Desta forma, os futuros professores podem experienciar esta nova abordagem de ensino, acompanhada por especialistas, nas condições ideais para o desenvolvimento de conhecimento profissional. No futuro, estes futuros professores estarão mais predispostos a adotar Práticas STEM; • Os alunos, com esta nova abordagem, sentem-se mais 	

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>integração da Tecnologia. Desta forma, os futuros professores tornam-se mais propensos e proficientes a usar Práticas STEM.</p>	<p>motivados e com forte entusiasmo nas tarefas e gosto pela descoberta, propondo soluções para os desafios apresentados.</p>	
9	Short and long term impact of a high-tech STEM intervention on pupils' attitudes towards technology	<ul style="list-style-type: none"> Identificar o efeito de uma intervenção educativa sobre as atitudes em relação à tecnologia; Estimar o efeito para o qual esse efeito é diferente para os meninos e para as meninas. 	<ul style="list-style-type: none"> Práticas STEM; Atitudes face à Tecnologia; Projeto <i>The Techno Trailer</i>; 75 professores e 1496 alunos do 2.º CEB; Duração: 1 dia. 	<ul style="list-style-type: none"> Os alunos têm interesse moderado em Tecnologia como opção de carreira; Os alunos revelam uma postura aberta em relação à neutralidade de género; A Tecnologia é igualmente importante para meninos como para meninas; As meninas vêm a Tecnologia como uma possibilidade de carreira menos interessante, menos relevante para a sociedade e mais aborrecida; 	<p>A intervenção revelou efeitos positivos na formação de atitudes favoráveis às tecnologias em termos de interesse, relevância e aspirações na carreira.</p>	<p>Outras pesquisas devem focar-se no impacto que esta e outras intervenções têm sobre os professores e explorar as possíveis mudanças nas suas atitudes em relação à Tecnologia e a sua disposição, autoconfiança e auto-eficácia em relação ao ensino da Tecnologia em sala de aula.</p>

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<ul style="list-style-type: none"> • A intervenção para que os alunos vissem a Tecnologia como uma opção de carreira, interessante, neutra em termos de género, relevante e menos aborrecida; • As meninas aumentam as suas aspirações de carreira nas áreas tecnológicas como os meninos; • O tédio das atividades tecnológicas é superior para as meninas do que para os meninos; • Os alunos que tiveram como professor, um profissional competente em Tecnologia, beneficiaram mais do <i>Techno Trailer</i>; 		

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<ul style="list-style-type: none"> Alunos de professores preparados em Tecnologia desenvolvem mais a sua capacidade tecnológica e não a acham aborrecida; O questionário PATT é uma medida válida e confiável para estudar as atitudes em relação à Tecnologia dos alunos mais novos; Pequenas mudanças nas aspirações de carreira das crianças pequenas podem influenciar as escolhas de estudos futuros, o que pode resultar no aumento do número de profissionais tecnológicos; Registou-se um tédio inferior, nos alunos e um 		

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
10	Work-in-Progress: Encouraging Girls in Science, Engineering and Information Technology	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver Práticas STEM; • Implementar um curso de formação contínua para professores; • Criar um clube de Ciências e Astronomia; • Realizar oficinas práticas; • Promover feiras científicas e tecnológicas; • Organizar uma olimpíada Matemática; • Criar uma atividade de Ciência no cinema; 	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas STEM; • FIP em ensino de Ciências e Matemática; • Projeto <i>Encouraging Girls in Science, Engineering and Information Technology</i>; • 13 professores e 5 alunos; • Duração: n.d. 	<p>aumento do interesse pela Tecnologia como disciplina escolar, o que consequentemente aumentou a alfabetização tecnológica;</p> <p>O estudo ainda está em desenvolvimento, mas pretende contribuir para o desenvolvimento de futuras mulheres profissionais ou cientistas nas áreas do estudo STEM, através do desenvolvimento de habilidades, de forma articulada com a construção de conhecimento, o desenvolvimento de habilidades e formação de atitudes e valores.</p>	Estudo em desenvolvimento.	Estudo em desenvolvimento.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
		<ul style="list-style-type: none"> • Divulgar <i>chat's</i> com cientistas e engenheiros. 				
11	Enabling Primary School Teachers to Deliver STEM Programmes with the Internet of Things: Challenges and Recipes for Success	Desmistificar os procedimentos em torno do desenvolvimento e implementação de uma plataforma, que os professores possam implementar soluções nas escolas, aplicá-las no currículo, demonstrando aos seus alunos as suas potencialidades.	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas STEM; • Plataformas virtuais IoT; • Experiência de ensino; • Professores do 1.º CEB; • Duração: n.d. 	<ul style="list-style-type: none"> • O professor do 1.º CEB reconhece o valor educativo e a aplicabilidade da IoT para essa Etapa Educativa; • Não é exigido nenhum trabalho técnico ao professor; • Todos os dispositivos ou componentes utilizados devem ser robustos, fáceis de configurar e usar, eliminando o risco de se partir em sala de aula; • A plataforma associada aos dispositivos ou componentes deve ser fácil de usar e robusta; • A utilização da plataforma deve ser compatível com o currículo e tem que se interligar às atividades educativas existentes. 		Sugere-se uma expansão e melhoria desta abordagem, bem como do desenvolvimento de um conjunto de atividades relacionadas, divididas por idades e anos de escolaridade, dentro do 1.º CEB.
12	Mobile apps for Incorporating Science and Engineering Practices in K-12 STEM Labs	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar o que os planos de aula elaborados pelos professores e verificar o que revelam sobre sua compreensão das práticas de Ciência e Engenharia; 	<ul style="list-style-type: none"> • Educação STEM; • Aplicativos móveis; • Experiência de ensino; • Professores do 1.º e 2.º CEB; • Duração: n.d. 	<ul style="list-style-type: none"> • Foi criado um programa para usar aplicativos móveis na Educação STEM com professores e alunos do 1.º e 2.º CEB; • Este estudo ainda está em desenvolvimento; 	Estudo em desenvolvimento.	Estudo em desenvolvimento.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
		<ul style="list-style-type: none"> • Verificar se a inclusão de exercícios de programação em todos os planos de aula melhora as habilidades nas áreas do estudo STEM; • Verificar se a integração de práticas de Ciência e Engenharia nos planos de aula do 1.º e 2.º CEB melhora a retenção de alunos em áreas do estudo STEM e relacionadas com STEM. 		<ul style="list-style-type: none"> • Futuramente, serão usadas oficinas de professores que serão preparadas e realizadas para formar professores para o uso de aplicativos móveis em sala de aula. 		
13	Bringing Geosciences to K-12 Classrooms: A Teacher Training Program Developed by	Auxiliar outros professores interessados em utilizar os materiais desenvolvidos neste estudo, habilidades e conhecimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas STEM; • Geociências; • Workshop GEO STEM; • Professores do 1.º e 2.º CEB; • Duração: 1 dia (6 horas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Os professores tiveram uma experiência positiva durante o programa e puderam utilizar os materiais na sua sala de aula; • Verificou-se um ganho de curto prazo na atitude perante as Práticas STEM; • Foi notória a atitude maioritariamente baixa para Matemática comparada com outras áreas do estudo STEM. 		É fundamental que se criem momentos de partilha de experiências para que os professores divulguem métodos diferentes para trazer a Geociência para a sala de aula.

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
	the Sterling Hill Mining Museum	nas suas salas de aula.				
14	Changing STEM and Entrepreneurial Thinking Teaching Practices and Pedagogy through a Professional Learning Program	Mudar a pedagogia da Educação STEM dos professores para gerar <i>insights</i> sobre as diversas respostas que as escolas podem ter para uma aprendizagem profissional nas áreas do estudo STEM e para o pensamento empreendedor.	<ul style="list-style-type: none"> Educação STEM; Pensamento empreendedor; Projeto <i>The STEM and Entrepreneurship in Primary Schools</i>; Professores o 1.º CEB; Duração: n.d. 	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento do programa SEPS para a implementação de Práticas STEM; O desenvolvimento deste programa desenvolveu um conjunto de habilidades que permitiu aos professores articularem os seus conhecimentos na Educação STEM de maneira mais significativa com outros colegas em formação. Esta partilha foi possível através: de apresentações em conferências de Educação STEM e em <i>maker faire's</i>; de diálogo com professores de outras escolas, através de reuniões 	<ul style="list-style-type: none"> Foi desenvolvido um programa de aprendizagem dos professores projetado especificamente para desenvolver a capacidade de projetar e oferecer programas primários nas escolas; Foram criados novos programas, com vários níveis, para a mesma escola e novos programas de Educação STEM; A estrutura dos programas criados pode ser usada no desenvolvimento de Práticas STEM a nível de escola ou usado o <i>design</i> da Educação STEM individualmente sem qualquer 	Os futuros professores precisam de abordagens multifacetadas para poderem desenvolver-se e mudar os programas de aprendizagem.

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>de escola; do foco na aprendizagem do aluno e vínculo dos seus programas curriculares;</p> <ul style="list-style-type: none"> Algumas habilidades destacadas são: de resolução de problemas, pensamento crítico e criatividade; O pensamento empreendedor foi introduzido no currículo das escolas, tendo como foco a Educação STEM; As escolas adaptaram-se, mudaram os currículos e os programas para otimizar a aprendizagem dos alunos; Os professores não foram obrigados a desenvolver novas atividades para 	<p>contexto escolar. Este programa também pode ser uma ferramenta para facilitar a aprendizagem dos professores da escola.</p>	

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
15	Scaffolding design thinking in online STEM preservice teacher training	Investigar diferentes formas de evolução por <i>scaffold</i> que podem influenciar o desenvolvimento de competências de <i>design thinking</i> de professores STEM.	<ul style="list-style-type: none"> Educação STEM; <i>Scaffold</i> e <i>design thinking</i>; 2.º ano da formação universitária em Tecnologia Educativa; 24 alunos do Ensino Superior; Duração: n.d. 	<p>cumprimento do programa, mas foram encorajados a pensar como é possível desenvolver atividades ou programas existentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> A turma que teve <i>scaffold</i> estáticos focava-se mais no processo de <i>design</i> da Educação STEM anterior; A turma que teve <i>scaffold</i> adaptativos colocava maior ênfase na Educação STEM holística e nas soluções interdisciplinares do projeto; O nível metacognitivo teve efeitos positivos no processo de resolução de problemas de <i>design</i> dos alunos, mas não teve efeitos significativos nos resultados de <i>design</i>; As duas turmas não mostraram conhecimentos prévios da Educação STEM; O projeto de Educação STEM colaborativo é um problema mal estruturado que exige mais do que um projeto formalizado. Exige identificação na resolução de conflitos e <i>design</i> criativo; Os <i>scaffold</i> adaptativos e estático desempenham papéis diferentes e devem complementar-se para equilibrar a atenção à criatividade durante o <i>design</i>, com a necessidade de estruturar adequadamente 	<p>Os dados sobre comportamento de aprendizagem individual, como ler tarefas de <i>design</i> e materiais de aprendizagem, escrever relatórios de <i>design</i> e compartilhar recursos de aprendizagem, devem ser integrados para permitir a análise multimodal da prática holística do <i>design thinking</i>.</p>	

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>a solução de <i>design</i> da Educação STEM complexa e integrada;</p> <ul style="list-style-type: none"> • O <i>scaffold</i> estático instruiu <i>designers</i> em formação para o complexo processo de <i>design</i> de Educação STEM e destacou etapas críticas de <i>design</i> de Educação STEM para um discussão em grande grupo; • O <i>scaffold</i> adaptativo pode envolver elementos do grupo para compartilhar diferentes perspectivas e negociar com a finalidade de alcançar um resultado de <i>design</i> mais coerente; • Os diferentes <i>scaffold's</i> podem afetar os grupos de trabalho de várias maneiras; • Professores em formação têm dificuldades em projetar um plano de aula de Educação STEM complexo e criativo, que dependa de um suporte de níveis eficaz; • O <i>scaffold</i> estático, na forma de perguntas guiadas, permitia, no início da tarefa de <i>design</i>, rotinar o processo de <i>design</i> anterior e chamar à atenção do <i>designer</i> para etapas críticas e princípios de <i>design</i>. Consequentemente, promove-se a síntese de conhecimentos de <i>design</i> e melhora-se o pré-serviço, auto-eficácia e competência dos professores na área dos <i>design</i> da Educação STEM. 		
16	An investigation of teachers' perception on	Avaliar as percepções dos professores sobre o programa de FIP	<ul style="list-style-type: none"> • Educação STEAM; 	<ul style="list-style-type: none"> • Os professores do 1.º, 2.º e 3.º CEB frequentaram os programas de 	<ul style="list-style-type: none"> • Os métodos da FIP STEAM preferidos pelos professores foram as 	É essencial realizar estudos sobre a formação de professores STEAM tendo em conta as Etapas

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
	STEAM education teachers' training program according to school level	da Educação STEAM dentro do nível de escolaridade para que se formam.	<ul style="list-style-type: none"> • Perceção da Educação STEAM; • Estudo exploratório; • 9986 professores do 1.º, 2.º e 3.º CEB e Ensino Secundário; • Duração: 1 mês. 	<p>formação com mais frequência que os professores do Ensino Secundário;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os métodos de formação de professores STEAM preferidos pelos participantes foram os métodos: centrados em casos práticos, centrados em atividades formativas e no trabalho de campo; • Os professores do 2.º e 3.º CEB não privilegiaram a abordagem teórica, mas preferiram a abordagem em centradas atividades formativas e no trabalho de campo; • Foi notório o nível de satisfação global no que diz respeito ao programa de formação coletiva e ao curso de FIP 	<p>abordagens centradas em casos práticos em atividades formativas;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os professores queriam novos conhecimentos, exemplos e programas educativos que os permitissem aplicar a Educação STEAM na sala de aula; • Os professores do 1.º CEB preferiam a formação teórica; • A satisfação dos professores foi maior para a formação coletiva do que a introdutória de formação à distância; • A satisfação com a formação de professores STEAM foi menor nos professores do Ensino Secundário 	Educativas e investigar as mudanças correspondentes nas perceções, atitudes e níveis de satisfação dos professores.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>realizado à distância;</p> <ul style="list-style-type: none"> Muitos professores não estavam satisfeitos com a formação de professores STEAM existente; É essencial que a formação em Educação STEAM seja desenvolvida e operada tendo em conta as necessidades dos professores; Os professores do 2.º e 3.º CEB afirmam que a formação foi útil para o desenvolvimento de atividades STEAM em sala de aula; São poucos os professores do 1.º CEB que afirmam serem capazes de compreender o material usado em Práticas STEAM; 	<p>que os professores de outras Etapas Educativas;</p> <ul style="list-style-type: none"> Os professores do Ensino Secundário estavam menos confiantes em reestruturar o currículo após a formação dada do que os outros professores de outras Etapas Educativas; Os professores do 1.º CEB estavam mais confiantes no seu conhecimento em relação à reestruturação do currículo comparativamente com os professores do 2.º e 3.º CEB. Para isso contribuiu a colaboração com os colegas; Registou-se falta de experiência e conhecimentos suficientes da 	

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
17	Teachers' Perceptions of Professional Development in Integrated STEM Education in Primary Schools	<ul style="list-style-type: none"> Analisar as expectativas dos professores em relação ao DP dos professores; Desenvolver um modelo conceitual de DP dos professor para a Educação STEM integrada. 	<ul style="list-style-type: none"> Educação STEM; Práticas STEM; Perspetivas e expectativas; Experiência de ensino; 8 professores do 1.º CEB; Duração: n.d. 	<ul style="list-style-type: none"> Os professores do 2.º e 3.º CEB tinham uma perceção mais negativa relativamente às Práticas STEM em comparação com os professores do 1.º CEB; A maioria dos professores do 1.º, 2.º e 3.º CEB mostraram-se confiantes ou mais confiantes. Foram analisados os desafios dos professores a partir de aspetos intrínsecos e extrínsecos; Os desafios intrínsecos para frequentar o DP dos professores residem: na falta de conhecimento sobre como aplicar o conhecimento no ensino prático; nas diferentes 	<p>Educação STEM e isso afetou negativamente a reconstrução dos currículos em todas as Etapas Educativas.</p> <ul style="list-style-type: none"> Os desafios dos professores que frequentaram o DP de professores residiu: no desafio intrínseco de falta de conhecimentos de como aplicar os conhecimentos aprendidos e no ensino prático; das necessidades e habilidades dos alunos; valores e perspetivas; Os desafios extrínsecos 	<ul style="list-style-type: none"> Os métodos de avaliação do progresso dos professores em DP devem ser mais discutidos para identificar os professores com bom desempenho para observação de colegas; São necessários mais estudos relativos à análise das perspetivas dos professores em relação às Práticas STEM e à compreensão da Educação STEM.

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>necessidades e habilidades e nos seus valores e perspectivas;</p> <ul style="list-style-type: none"> • É importante que as atividades de DP dos professores tenham uma conexão mais forte com o conhecimento prático; • As atividades de DP dos professores devem ser desenhadas tendo por base a compreensão das necessidades dos professores; • Os desafios extrínsecos para frequentar o DP dos professores residem: na falta de orientação dos professores; falta de orientação profissional; na falta de cultura escolar de apoio e 	<p>atenderam: à falta de apoio; à falta de decisão escolar e à falta de orientação da direção;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para se desenvolverem mais ações de formação de Educação STEM é necessário que surjam sugestões com foco no conteúdo e conhecimento pedagógico em assuntos da Educação STEM. 	

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>na falta de apoio dos pares;</p> <ul style="list-style-type: none"> • A implementação da prática STEM exige conhecimento: do conteúdo e pedagógico das áreas do estudo STEM; de atividades práticas e contextualização; • Devem ser realizadas atividades práticas para os professores aprenderem fazendo. Assim, permite-se aos professores experienciarem todo o processo de aprendizagem e terem uma melhor compreensão das possíveis reações dos alunos. Os professores são incluídos na criação das aulas e no ensino real, 		

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
18	Expert Blind Spot Among Pre-service and In-service Teachers: About Algebraic Reasoning and Potential Impact on Engineering Education	Analisar o <i>Expert Blind Spot</i> (EBS) entre professores em formação e em serviço, num programa de FIP envolvendo problemas de representação algébrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Educação STEM; • EBS; • FIP em Matemática ou Ciências; • Experiência de ensino; • 82 professores em formação e 39 professores do Ensino Secundário em formação contínua; • Duração: n.d. 	<p>melhorando as suas experiências.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os professores com experiência nas áreas específicas podem não ser os melhores a analisarem as habilidades dos alunos; • Os professores (em formação e em serviço) com experiência em Matemática avançada preveem que os alunos de álgebra seriam melhores a resolver equações e muito melhor bem-sucedidos em resolver corretamente problemas de História relações matemáticas semelhantes subjacentes; 	<ul style="list-style-type: none"> • Os programas de EBS de professores devem abordar o EBS, bem como os equívocos dos professores da FIP ou em serviço sobre as percepções dos alunos no que diz respeito à difícil aprendizagem na área de álgebra; • Os professores agem através de modelos implícitos de desenvolvimento do aluno. No entanto, é fundamental saber quais são e como é que afetam a instrução e os resultados dos alunos. 	São necessárias mais investigações onde se analise as implicações de potenciais EBS noutras disciplinas, bem como quais as estratégias a usar outros especialistas a consciencializarem desses EBS's e encontrarem alguma forma de colmatar as necessidades de aprendizagem dos alunos em formação inicial.

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<ul style="list-style-type: none"> • A EBS dos professores especialistas (em formação e em serviço) preveem de forma imprecisa a dificuldade de resolução de problemas dos alunos; • Os dados deste estudo sugerem uma capacidade de repetir padrões e retórica profissional quando os participantes afirmam que certas equações são mais fáceis para os alunos resolverem; • Os professores revelam a sua EBS quando identificam equações que consideravam fáceis com base no seu <i>symbol view</i> (SPV) e perceberam os 		

n	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>problemas da História como mais difíceis para os alunos;</p> <ul style="list-style-type: none"> • A explicação dada para as EBS's dos professores em FIP e em serviço baseiam os seus pontos de vista na experiência subjetiva anterior na resolução de problemas de álgebra. Assim, não há reflexão sobre o que torna o problema difícil ou fácil; • Os problemas de História são vistos, pelos participantes, como os mais difíceis para os alunos com especialidade em Matemática; • Só a experiência profissional é insuficiente para ver uma relação 		

<i>n</i>	Título	Objetivos	Intervenção	Resultados	Conclusões	Sugestões
				<p>entre a EBS e a álgebra;</p> <ul style="list-style-type: none"> Há uma inconsciência entre as explicações explícitas e tácitas dos professores em serviço sobre que problemas os alunos acham difíceis de resolver. 		

4. Considerações finais

Esta revisão sistemática da literatura caracterizou os estudos identificados nas bases de dados SCOPUS e Web of Science que seguem os critérios pré-definidos. O foco centrou-se na última década e nos estudos que desenvolveram a Educação STE(A)M e implementaram Práticas STE(A)M. Assim, limitando os estudos existentes aos termos de pesquisa selecionados e aos critérios de exclusão e inclusão que aplicámos, podemos concluir que existem evidências de que a comunidade científica tem desenvolvido estudos no âmbito da Educação STE(A)M e das Práticas STE(A)M a partir de 2018. Os resultados também mostram que são publicados mais estudos de desenvolvimento da Educação STEM e das Práticas STEM em comparação com a Educação STEAM e Práticas STEAM. As Práticas STEM foram desenvolvidas sob uma abordagem multidisciplinar organizada tematicamente em torno das áreas do saber da Matemática e das Ciências, mais especificamente na Física, Tecnologia e Robótica. Já as Práticas STEAM foram desenvolvidas sob uma abordagem transdisciplinar de ensino através do processo de resolução de problemas.

Em Portugal, nesta revisão da literatura, apenas foi selecionado e analisado um estudo que desenvolve Práticas STEM não dando conta de registos relativos ao desenvolvimento de Práticas STEAM em contexto português.

Conclui-se também que há uma preocupação em compreender a didática das Práticas STE(A)M e como se podem promover aprendizagens significativas nos alunos. Verifica-se ainda que há uma preocupação comum de DP de professores e educadores em Educação STE(A)M ligados à compreensão dos seus conceitos e aplicabilidade. Esta apreensão começa desde a FIP à formação contínua.

Em suma, podemos afirmar quem, globalmente, a Educação STEAM é um conceito recente para os professores ao invés da Educação STEM. Para os professores, tanto as Prática STEM como as Práticas STEAM são reconhecidas como alternativas ao ensino tradicional. No entanto, reconhecem que é insuficiente o investimento realizado na sua aplicabilidade ao nível da formação (inicial e contínua). Para que estas Práticas sejam eficazes e valorizadas, a comunidade científica necessita que desenvolver mais investigação elas.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/CED/00194/2019, UIDB/00194/2020 (CIDTFF) e UIDB/50008/2020 (IT). Este trabalho também contou com o apoio do Instituto de Investigação

Aplicada (i2A) do Politécnico de Coimbra no âmbito da Dispensa para Investigação Aplicada (Despacho n.º 7333/2020).

Referências bibliográficas

- Bassachs, M., Cañabate, D., Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R., & Colomer, J. (2020). Fostering Critical Reflection in Primary Education through STEAM Approaches. *Education Sciences 2020, Vol. 10, Page 384, 10(12)*, 384. <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI10120384>
- Boeve-de Pauw, J., Ardies, J., Hens, K., Wullemen, A., Van de Vyver, Y., Rydant, T., De Spiegeleer, L., & Verbraeken, H. (2020). Short and long term impact of a high-tech STEM intervention on pupils' attitudes towards technology. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/S10798-020-09627-5>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics, 112(1)*, 3–11. <https://doi.org/10.1111/J.1949-8594.2011.00109.X>
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher, 70(1)*, 30–35. <https://eric.ed.gov/?id=EJ898909>
- Christenson, J. (2011). *Ramaley coined STEM term now used nationwide*. Winona Daily News. https://www.winonadailynews.com/news/local/ramaley-coined-stem-term-now-used-nationwide/article_457afe3e-0db3-11e1-abe0-001cc4c03286.html
- Chung, C. C., Huang, S. L., Cheng, Y. M., & Lou, S. J. (2022). Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation. *International Journal of Technology and Design Education, 32(2)*, 905–941. <https://doi.org/10.1007/S10798-020-09643-5>
- Dan, Z. S., & Gary, W. K. W. (2018). Teachers' perceptions of professional development in integrated STEM education in primary schools. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2018-April*, 472–477. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363268>
- Gonzalez, H., & Kuenzi, J. (2012). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer*. Washington, DC: Congressional Research Service, Library of Congress.
- Green, M. (2007). Science and engineering degrees: 1966-2004. In (NSF 07–307). Arlington, VA: National Science Foundation. https://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsf07307
- Higgins, J., & Thomas, J. (2021). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. The

- Cochrane Collaboration. <https://training.cochrane.org/handbook>
- Kim, W., & Lee, Y. (2018). An investigation of teachers' perception on STEAM education teachers' training program according to school level. *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 9(9), 664–672. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.01076.8>
- Lasa, A., Abaurrea, J., & Iribas, H. (2020). MATHEMATICAL CONTENT on STEM ACTIVITIES. *Journal on Mathematics Education*, 11(3), 333–346. <https://doi.org/10.22342/JME.11.3.11327.333-346>
- Lasa, A., Iribas, H., Belletich, O., & Wilhelmi, M. R. (2022). Teacher Degree Students Attitudes Towards STEM Activities in two Spanish Universities. *U.Porto Journal of Engineering*, 8(1), 34–50. https://doi.org/10.24840/2183-6493_008.001_0005
- Lee, H., Ham, H., & Kwon, H. (2022). Research trends of integrative technology education in South Korea: a literature review of journal papers. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(2), 791–804. <https://doi.org/10.1007/S10798-020-09625-7/TABLES/7>
- Lopes, J. B., & Costa, C. (2021). Converting Digital Resources into Epistemic Tools Enhancing STEM Learning. *Communications in Computer and Information Science*, 1384, 1–18. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03503-6>
- Ma, Y. (2021). Reconceptualizing stem education in china as praxis: A curriculum turn. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/SU13094961>
- Martínez-Borreguero, G., Naranjo-Correa, F. L., & Mateos-Núñez, M. (2022). Development of STEM Instructional Resources for Teaching Optics to Teachers-in-Training: Influence on Learning and Teacher Self-Efficacy. *Education Sciences*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI12030186>
- Mystakidis, S., & Christopoulos, A. (2022). Teacher Perceptions on Virtual Reality Escape Rooms for STEM Education. *Information*, 13(3), 136. <https://doi.org/10.3390/info13030136>
- National Commission on Excellence in Education. (1983). *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform A Report to the Nation and the Secretary of Education United States Department of Education by The National Commission on Excellence in Education.*
- NSF. (1998). *Committee on Equal Opportunities in Science and Engineering*. Biennial Report to The United States Congress. <https://www.nsf.gov/pubs/2000/ceose991/ceose991.html>
- Oppermann, E., Vinni-Laakso, J., Juuti, K., Loukomies, A., & Salmela-Aro, K. (2021). Elementary school students' motivational profiles across Finnish language, mathematics and science: Longitudinal trajectories, gender differences and STEM aspirations. *Contemporary Educational Psychology*, 64. <https://doi.org/10.1016/J.CEDPSYCH.2020.101927>

- Organisation for Economic Cooperation and Development - OECD. (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264026407-en>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews, 10*(1). <https://doi.org/10.1186/S13643-021-01626-4>
- Pasani, C. F., & Amelia, R. (2021). Introduction of the integrative STEAM approach as a learning innovation in the COVID-19 pandemic in South Kalimantan. *Journal of Physics: Conference Series, 1832*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1832/1/012029>
- Petrosino, A. J., & Shekhar, P. (2018). Expert blind spot among pre-service and in-service teachers: Beliefs about algebraic reasoning and potential impact on engineering education. *International Journal of Engineering Education, 34*(1), 97–105.
- Rivera, S., Banavar, M. K., & Barry, D. (2019). Mobile apps for Incorporating Science and Engineering Practices in K-12 STEM Labs. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2018-October*. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659105>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher, 68*(4), 20–26.
- Sauer, L. Z., Reis, C. E. R. Dos, Dall'Acua, G., Lima, I. G. De, Giovannini, O., & Villas-Boas, V. (2020). Work-in-progress: Encouraging girls in science, engineering and information technology. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2020-April*, 28–32. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125310>
- Silva, A., Bernardino Lopes, J., & Costa, C. (2021). Doing Math with Music - Instrumental Orchestration. *Communications in Computer and Information Science, 1384 CCIS*, 111–123. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73988-1_8
- Silva, R., Costa, C., & Martins, F. (2021). Using Mathematical Modelling and Virtual Manipulatives to Teach Elementary Mathematics. *Communications in Computer and Information Science, 1384 CCIS*, 75–89. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73988-1_6
- Song, H., & Zhou, M. (2021). STEM Teachers' Preparation, Teaching Beliefs, and Perceived Teaching Competence: a Multigroup Structural Equation Approach. *Journal of Science Education and Technology, 30*(3), 394–407. <https://doi.org/10.1007/S10956-020-09881-1>
- Taylor, E., & Taylor, P. C. (2017). Breaking down enlightenment silos: From STEM to ST2EAM education, and beyond. In L. A. Bryan & K. G. Tobin (Eds.), *Thirteen Questions: Reframing Education's Conversation: Science* (pp. 455–472). Peter Lang Publishing.

<http://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/36643>

- Tillinghast, R. C., Petersen, E. A., Kroth, W., Powers, G., Holzer, M., Osowski, J., & Mansouri, M. (2019). Bringing Geosciences to K-12 Classrooms: A Teacher Training Program Developed by the Sterling Hill Mining Museum. *2019 9th IEEE Integrated STEM Education Conference, ISEC 2019*, 69–75. <https://doi.org/10.1109/ISECON.2019.8882052>
- Uğur-Erdoğan, F. (2021). How Do Elementary Childhood Education Teachers Perceive Robotic Education in Kindergarten? A Qualitative Study. *Participatory Educational Research (PER)*, 8(2), 421–434. <https://doi.org/10.17275/per.21.47.8.2>
- Vakaloudis, A., Delaney, K., Cahill, B., & Kehoe, J. (2019). Enabling primary school teachers to deliver STEM programmes with the internet of things: Challenges and recipes for success. *ACM International Conference Proceeding Series*, 80–83. <https://doi.org/10.1145/3369255.3369312>
- Veiga, I. (1992). *A prática pedagógica do professor de didática* (2ª Edição). Papirus.
- Wu, B., Hu, Y., & Wang, M. (2019). Scaffolding design thinking in online STEM preservice teacher training. *British Journal of Educational Technology*, 50, 2271–2287. <https://doi.org/10.1111/bjet.12873>
- Xu, L., Campbell, C., & Hobbs, L. (2019). Changing STEM and entrepreneurial thinking teaching practices and pedagogy through a professional learning program. *Asia-Pacific STEM Teaching Practices: From Theoretical Frameworks to Practices*, 139–155. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0768-7_9
- Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education Near Environments (more than Fashion) View project STEAM Education View project. September*. <https://www.researchgate.net/publication/327351326>