

Perspetivas de Futuros Professores do 1.º Ciclo sobre a Educação STEAM

Uma Experiência Didática na Formação Inicial

Marisa Correia^{1,2} e Maria Clara Martins^{1,2}

¹School of Education/Polytechnic Institute of Santarém, Portugal

²Life Quality Research Centre (CIEQV), Portugal

RESUMO

A necessidade de estimular os jovens a prosseguir carreiras em áreas STEM, para fazer face a importantes desafios da nossa sociedade, tem conduzido a um crescente interesse por abordagens educativas que contemplem a articulação entre estas áreas. Contudo, a operacionalização desta abordagem integradora nas escolas apresenta inúmeras dificuldades, a começar pela falta de preparação dos professores. Neste sentido, procurou-se analisar as perspetivas dos futuros professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico acerca das potencialidades da abordagem pedagógica integradora das STEAM. Para o efeito, foram analisadas as produções dos 29 participantes e a transcrição de uma entrevista de grupo focado, após terem tido a oportunidade de explorar os pressupostos teóricos do modelo iSTEM e de realizar uma atividade STEAM no decorrer de uma unidade curricular de didática. Os resultados revelaram vantagens na integração das disciplinas STEM segundo os professores em formação; e a sua confiança para planear e implementar atividades STEAM. A abordagem permite o desenvolvimento das áreas curriculares envolvidas, mas também do conhecimento pedagógico associado a cada uma das áreas envolvidas, concretamente, no que diz respeito à capacidade de promover a interdisciplinaridade e o trabalho colaborativo. São identificadas potencialidades associadas à aprendizagem dos alunos nomeadamente, o facto de possibilitar aprendizagens mais significativas e um papel mais ativo do aluno, e uma maior motivação para a aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE

1.º Ciclo do Ensino Básico, Abordagem integradora, Educação STEAM, Formação de professores

ABSTRACT

The need to encourage young people to pursue careers in STEM areas to face important challenges in our society, has led to a growing interest in educational approaches that include the integration of these disciplines. However, STEM education presents numerous challenges in its operationalization in schools, to begin with the diversity of understandings about the concept and the lack of preparation of teachers. This qualitative study analyzed the participants' productions and the transcription of a focus group interview, with the purpose of describing the perspectives of 29 future primary pre-service teachers regarding a STEAM integration approach, after exploring the theoretical assumptions of the iSTEM model, and to carry out a STEAM activity during teacher education. The results revealed advantages in the integration of STEM disciplines according to the pre-service teachers; and their confidence to plan and implement STEAM

activities. The approach promotes the development of the curricular areas involved, but also the development of pedagogical knowledge associated with each of the areas involved, specifically, about the ability to promote interdisciplinarity and collaborative work. Potentialities associated with student learning are identified, namely, the fact of enabling more meaningful learning and a more active role of the student, and a greater motivation for learning.

KEYWORDS

Integrated approach, Primary Education, STEAM Education, Teacher Education

1. INTRODUÇÃO

A Educação STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) está na ordem do dia, embora o movimento tenha surgido há cerca de 30 anos nos Estados Unidos com o intuito de estimular o interesse dos alunos para prosseguirem carreiras nestas áreas. Com efeito, há uma crescente necessidade de profissionais qualificados nestas áreas para fazer face aos urgentes desafios contemporâneos (p. ex. as alterações climáticas e a saúde pública) (Kelley & Knowles, 2016). Inúmeros relatórios internacionais, nomeadamente da União Europeia, têm demonstrado a necessidade de estimular os jovens a prosseguir carreiras nestas áreas, e apresentado recomendações para a integração da abordagem STEM nos currículos escolares em todos os níveis de ensino e para investir na formação de professores. Nos últimos anos, tem-se defendido uma abordagem mais aberta que contemple a articulação das STEM com outras áreas curriculares (artes, línguas, história, etc.), vulgarmente conhecida pelo acrónimo STEAM (Quigley et al., 2017; Yakman, 2012). A investigação neste domínio sugere que os alunos devem ser envolvidos na realização de atividades STEM, de acordo com uma abordagem integradora, desde os primeiros níveis de escolaridade (Daugherty et al., 2014). Por isso, é um imperativo estudar formas de apoiar os professores a conceptualizar e a implementar uma abordagem integradora das STEM (Estapa & Tank, 2017).

Neste sentido, desenvolveu-se uma experiência didática na formação inicial de professores e procurou-se analisar as perspetivas de futuros professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) acerca das potencialidades de uma abordagem pedagógica integradora das STEM, que contempla a aprendizagem centrada em problemas reais, a interdisciplinaridade, o *design* e o *inquiry-based learning*, e o trabalho colaborativo (Thibaut et al., 2018). Nesta experiência partiu-se da exploração, no âmbito de uma unidade curricular de Didática, de temas inerentes à Educação STEM, entre as quais o desenvolvimento de competências do século XXI, a integração curricular das tecnologias e o *inquiry*. Posteriormente, as participantes tiveram oportunidade de realizar uma atividade STEAM para o 3.º ano do 1.º CEB, envolvendo conteúdos da Matemática, da Física e da Geografia. Seguindo um modelo de integração STEM, a atividade partiu de um problema real; envolveu a experimentação, a recolha e a interpretação de dados; e incluiu a construção de uma bússola e a exploração do Google Maps®. No final, foram analisadas as respostas das futuras professoras aos guiões da atividade, bem como a avaliação que realizaram sobre a atividade. Foi ainda realizada uma entrevista de grupo focado de forma a compreender as potencialidades e

dificuldades que as futuras professoras anteveem na planificação e implementação da abordagem integradora STEAM no 1.º CEB.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

Nas últimas três décadas tem proliferado um movimento educativo, surgido nos Estados Unidos, mais conhecido pelo acrónimo inglês STEM, que visa estimular o interesse nestas áreas. Para Kelley e Knowles (2016) esta necessidade advém dos impactos sociais e ambientais do nosso século que colocam em causa a segurança global e a estabilidade económica. Tais desafios implicam o desenvolvimento de uma literacia STEM que, Mohr-Schroeder et al (2015) definem como a capacidade de aplicar conceitos das áreas da ciência, da tecnologia, da engenharia e da matemática na resolução de problemas que não podem ser resolvidos com recurso a uma única área. Contudo, na literatura coexistem múltiplas definições de educação STEM, o que tem conduzido à ambiguidade na interpretação do termo (English, 2016) e na sua transposição para a sala de aula (Martín-Páez, et al., 2019). Segundo Hsu e Fang (2019), a educação STEM pode ser perspectivada como um conjunto de áreas STEM – perspectiva multidisciplinar, ou como integradora – perspectiva inter e transdisciplinar. Kelley e Knowles (2016) e Sanders (2009) partilham desta visão integradora da educação STEM, defendendo um modelo que envolva a articulação de duas ou mais disciplinas.

Recentemente tem tido também amplo destaque a abordagem STEAM, uma versão expandida do acrónimo de forma a incluir as artes (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021; Quigley, et al, 2017; Yakman, 2012). De acordo com Land (2013), esta abordagem surgiu da constatação da falta de criatividade e de inovação nas pessoas recém-formadas em cursos superiores na área das STEM nos Estados Unidos. No entanto, alguns autores têm apontado como um dos principais problemas para a sua implementação a diversidade de conceções existentes na literatura sobre o que se entende pela letra “A” do acrónimo (Colucci et al., 2017). A natural articulação das STEM com outras áreas, como as línguas, as ciências sociais e as artes (Sanders, 2009), designada por STEAM, é entendida, por Quigley et al (2017), como um processo de aprendizagem transdisciplinar em que o “A” representa as artes e as humanidades, que tem como objetivos incrementar a participação nas áreas STEM. Estas ideias têm subjacente o entendimento de Yakman (2012) sobre esta dimensão, em que se inclui: a linguagem; as artes finas; as artes físicas e manuais; e as artes liberais ou sociais. Para Quigley et al. (2017), a diferença entre a abordagem STEM e a STEAM é a de que a primeira argumenta a favor da inclusão das artes, mas que a segunda a inclui intencionalmente.

Os esforços para a integração da Educação STEM nos currículos tiveram inicialmente uma maior expressão no ensino secundário (Hourigan et al., 2021), embora diversos estudos (p. ex. DeJarnette, 2012) demonstrem que a introdução desta abordagem nos primeiros anos de escolaridade tem um efeito positivo nas atitudes e nas aprendizagens das crianças. Os primeiros níveis de escolaridade apresentam importantes condições para a implementação da educação STEM, entre as quais: capitalizar o entusiasmo natural das crianças e o interesse em explorar os conteúdos das áreas STEM; desenvolver conhecimentos base nestas áreas; e a flexibilidade do currículo do 1.º CEB que mais facilmente suporta abordagens inovadoras (Nadelson et al., 2013). Estudos centrados no impacto da abordagem STEAM no 1.º CEB têm também apresentado

resultados muito positivos no desenvolvimento de competências nas diferentes áreas (Bassachs et al., 2020) e na motivação (Lage-Gómez & Ros, 2021). Porém, segundo García-Carmona e Toma (2021), a implementação em sala de aula de uma abordagem pedagógica integradora das STEM apresenta importantes desafios, até nos primeiros níveis de ensino em que se poderia considerar que o facto de um mesmo professor lecionar diferentes áreas curriculares poderia constituir um fator facilitador. Estes autores destacam que a formação académica dos professores do 1.º CEB não se tem focado as áreas STEM (como é o caso da engenharia). Hourigan et al. (2021) realçam que a linguagem inconsistente e a falta de consenso sobre uma definição comum da integração das STEM torna urgente que na formação de professores do 1.º CEB se desenvolva uma estrutura conceptual para a educação STEM. Assim, recomenda-se que a formação inicial não se limite a incidir nas áreas STEM de forma isolada, dando aos futuros professores a oportunidade de realizar e implementar atividades de acordo com uma abordagem integradora (Madden et al., 2016). Para além disso, considera-se essencial preparar os futuros professores do 1.º CEB para que sejam capazes de criar e dinamizar atividades STEAM e, assim, contribuir desde cedo para aumentar a confiança nas suas capacidades de planeamento e de implementação seguindo os princípios de uma abordagem integradora das STEAM (Kim & Bolger, 2017).

Face ao exposto, foi dinamizada uma experiência seguindo uma abordagem STEAM, com futuros professores do 1.º CEB, no âmbito de uma unidade curricular de Didática, com o intuito de analisar as suas perspetivas acerca da Educação STEAM. A atividade implementada, com enfoque nos conteúdos das Ciências e da Matemática em articulação com conteúdos da Geografia, foi desenvolvida de acordo com o modelo iSTEM proposto por Thibaut et al. (2018), que pressupõe: a integração das áreas STEM; a aprendizagem centrada em problemas; o *inquiry-based learning*; o *design-based learning*; e a aprendizagem colaborativa. Assim, com a inclusão da dimensão das ciências sociais e humanas, a proposta didática está em conformidade com a abordagem STEAM (Quigley et al., 2017). O modelo iSTEM contempla ainda o *design-based learning*, que é uma abordagem que inclui o *design* de engenharia como uma base para criar conexões com os conteúdos de matemática e/ou ciências e que deve ser estimulada desde cedo nos alunos (Difrancesca et al., 2014; Guzey et al., 2014). Esta metodologia implica a formulação ou identificação de um problema, o planeamento de soluções e a criação de modelos, protótipos ou outros produtos que deem resposta ao problema (Guzey et al., 2014). O processo de *design* abre também a possibilidade de articulação com as artes (Bequette & Bequette, 2012), embora esta não tenha sido contemplada na atividade STEM aqui descrita. Outro aspeto destacado por Thibaut et al. (2018), é o de que a abordagem STEM implica o envolvimento do aluno na resolução de problemas reais num contexto motivador. A revisão de literatura realizada por Thibaut et al. (2018) aponta o trabalho colaborativo como uma característica da abordagem STEM. Com efeito, a investigação tem demonstrado que o trabalho de grupo pela discussão que favorece, tem um papel determinante na aprendizagem das crianças (Howe et al., 2007).

O modelo proposto por Thibaut et al. (2018) destaca como um dos princípios-chave da abordagem integradora das STEM o *inquiry-based learning*, uma metodologia há muito defendida na área da educação em ciências (p. ex. Bybee, 2006). Greenwood et al. (2022) destacam que esta abordagem está também fortemente associada aos primeiros níveis de ensino, dado que as crianças são naturalmente curiosas e colocam constantemente questões sobre o mundo que as

rodeia. Seguiu-se ainda o modelo de ensino dos 5E (Bybee et al., 2006, 2019) que compreende cinco fases da investigação – *Engage, Explore, Explain, Elaborate* e *Evaluate*. Na fase Envolver é apresentada uma situação problemática aos alunos com o intuito de despertar a curiosidade e de identificar os seus conhecimentos prévios. A fase seguinte (Explorar) dá a oportunidade ao aluno planear e conduzir investigações acerca do problema apresentado na fase anterior. Com a fase Explicar pretende-se que o aluno demonstre as aprendizagens que desenvolveu nas fases anteriores acerca dos conteúdos explorados. Na fase Elaborar o aluno é desafiado a aprofundar e aplicar os conhecimentos adquiridos anteriormente a novas situações. Na fase de avaliação o aluno é encorajado a avaliar o seu próprio desempenho. Acrescentou-se uma sexta fase, o Partilhar (*Exchange*), proposto por Kähkönen (2016), que compreende tarefas de comunicação, de argumentação e de partilha dos resultados e conclusões.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Tendo por base os pressupostos teóricos apresentados anteriormente foi construído colaborativamente um guião didático por três docentes de uma instituição de ensino superior, de três áreas de formação distintas – Ciências Físico Químicas, Geografia e Matemática. A atividade STEAM “Os meus itinerários”, envolve conteúdos da Matemática, das Ciências Físico-Naturais e das Ciências Sociais, e foi concebida para alunos 3.º ano do 1.º CEB. A atividade de carácter investigativo, assente nos modelos iSTEM (Thibaut et al., 2018) e dos 6E (Bybee et al., 2006, 2019; Kähkönen, 2016) parte de um problema real; envolve a experimentação, a recolha e a interpretação de dados; e inclui a construção de uma bússola, a exploração do Google Maps® e de outros recursos digitais. Os objetivos gerais de aprendizagem da proposta de atividade na área de Estudo do Meio são: (1) Utilizar instrumentos de medida para orientação e localização no espaço de elementos naturais e humanos do meio local e da região onde vive, tendo como referência os pontos cardeais; (3) Saber colocar questões, levantar hipóteses, fazer inferências, comprovar resultados e saber comunicá-los, reconhecendo como se constrói o conhecimento. (ME-DGE, 2018, pp.7-9). E na área de Matemática são: (4) Relacionar medidas de grandezas com os números racionais não negativos, em situações do quotidiano (ME-DGE, 2018, p. 9) e (5) resolver e formular problemas, analisar estratégias variadas de resolução, e apreciar os resultados obtidos (ME-DGE, 2018, p. 10).

O guião didático é composto pela ficha do aluno, que tem a finalidade de orientar o trabalho que se pretende que os alunos desenvolvam bem como o registo das suas respostas; e de uma ficha com as sugestões de resposta para apoiar o professor na implementação da atividade. O guião foi aperfeiçoado previamente a partir da sua implementação presencial, num ambiente educativo inovador, CreativeLab_Sci&Math, com um grupo de estudantes de Licenciatura em Educação Básica, no âmbito da unidade curricular (UC) de Didáticas Específicas do 1.º CEB - 3.º e 4.º anos, no 1.º semestre do ano letivo 2020/2021. Mais tarde foi submetido para avaliação pela Casa das Ciências® e publicado neste portal de recursos digitais (Camacho et al., 2022).

No 2.º semestre de 2020/2021, um grupo de 29 estudantes do género feminino, com idades compreendidas entre os 22 e os 40, que frequentavam os cursos de mestrado em Educação Pré-escolar e Ensino do 1.º CEB (20 estudantes) e em Ensino do 1.º CEB e Matemática e Ciências do

2.º CEB (nove estudantes), ao longo de 17 horas de aulas da UC de Didática das Ciências no 1.º CEB – 3.º e 4.º anos exploraram fundamentos e metodologias subjacentes à Educação STEM. A aula de realização da atividade STEAM, que a seguir se descreve, teve a duração de quatro horas e foi implementada numa sessão on-line síncrona a partir da plataforma Zoom® pelas docentes de Didática da Matemática e de Didática das Ciências. As estudantes participaram na aula organizadas em oito grupos de trabalho (G1 a G8), que se distribuíram por salas simultâneas na sessão *on-line*. Durante a aula as estudantes realizaram a atividade, cujas etapas se descrevem nas subsecções seguintes, e no final elaboraram uma reflexão individual, procurando descrever e antecipar resumidamente o trabalho esperado pelos alunos em cada uma das etapas (Envolver, Explorar, Explicar, Elaborar, Partilhar e Avaliar); identificar as aprendizagens a desenvolver em cada área curricular; analisar se a atividade segue os princípios-chave de uma abordagem integradora STEAM.

3.1. Envolver/Engage

Com esta primeira etapa pretendia-se envolver as estudantes na atividade e aferir os seus conhecimentos prévios. Primeiro, apresentou-se o contexto de partida da atividade que consistia na preparação de uma visita de estudo ao Dino Parque na Lourinhã (Fig. 1). Em seguida, as estudantes responderam a algumas questões colocadas tendo por base a informação pesquisada na página do Dino Parque, como por exemplo: Quantos percursos ao ar livre existem no parque?

Figura 1: Extrato do guião da atividade com a contextualização

ENVOLVER

Como sabem, os dinossauros habitaram a Terra há muitos milhões de anos e alguns deles existiram em territórios que hoje fazem parte de Portugal. Na Lourinhã, há um parque que tem mais de uma centena e meia de modelos de dinossauros, em tamanho real, dispersos por quatro percursos ao ar livre, onde podes estudar a sua evolução ao longo da história da Terra. Para além do parque com percursos ao ar livre, há também uma exposição, um laboratório, e uma loja.

Este ano, estamos a pensar realizar uma visita de estudo ao Dino Parque na Lourinhã. Para prepararmos esta visita vamos precisar da vossa ajuda! Visitem a página na internet: <https://www.dinoparque.pt/>.



Fonte: Casa das Ciências®

Figura 3: Imagem recortada do Google Maps® referente ao percurso A



Fonte: Google Maps®

O terceiro desafio apresentado envolveu as estudantes numa discussão sobre as características a ter em conta para escolher o melhor trajeto que o autocarro da visita deve tomar para chegar ao Dino Parque. Como era expectável, as estudantes analisaram diferentes possibilidades de percurso incidindo a sua escolha no trajeto menos distante, menos moroso ou menos dispendioso. Relacionaram também informalmente diferentes grandezas, isto é, o tempo e a distância (comprimento). Há percursos mais longos, mas menos morosos (o tempo de viagem é inferior), há trajetos menos sinuosos, mas mais dispendiosos, há percursos mais longos, mas menos dispendiosos (não incluem portagens).

Na tarefa subsequente, apresentando-se como contexto o regresso da viagem no final da visita, as estudantes mediram a distância entre o Dino Parque e a escola através da aplicação Google Maps® e com a ferramenta “Medir distância”. Tendo surgido um segmento de reta que não corresponde a qualquer um dos percursos dados pelo Google Maps® (Fig. 4), as estudantes concluem que não representa nenhuma estrada no mapa (nenhuma opção de percurso de automóvel ou autocarro) e não tem em consideração obstáculos ou características do território (relevo montanhoso, edifícios, monumentos, paisagem urbana ou florestal), mas sim a menor distância entre os dois locais.

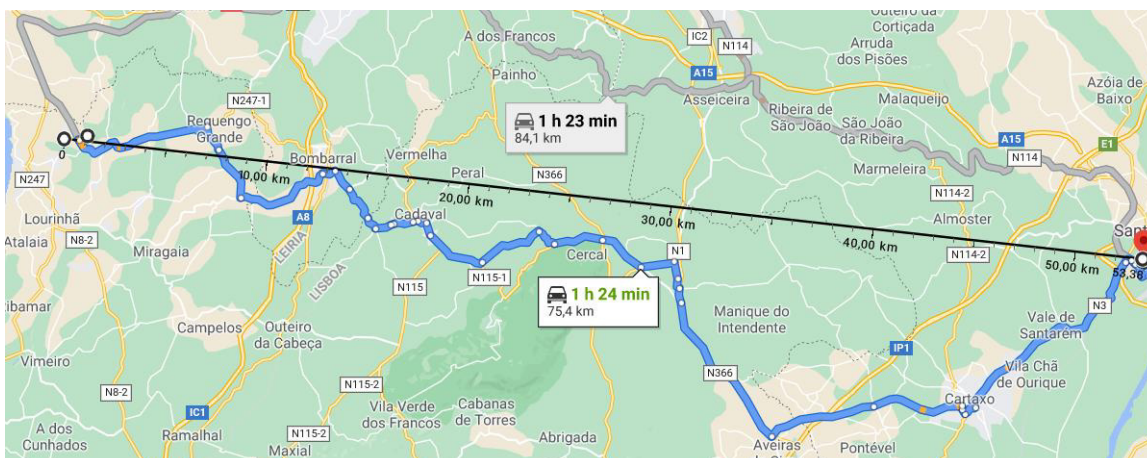
Figura 4: Imagem recortada do Google Maps® com o segmento de reta correspondente à menor distância entre o trajeto escola-Dino Parque



Fonte: Google Maps®

Na quinta questão era solicitado às estudantes que observassem o segmento de reta criado pelo Google Maps® e indicassem: os valores marcados; a distância representada entre duas marcas e os valores a que correspondem as marcas (Fig. 5). Foram ainda questionadas sobre a possibilidade de alterar os valores marcados na reta. Os grupos verificaram que: os valores marcados são a distância de cada posição (no)na (segmento de) reta à origem, o local do Dino Parque; o valor zero na reta representa a distância zero, ou seja, a distância do Dino Parque ao Dino Parque; o valor 53,38 km representa a distância da escola ao Dino Parque; a reta está numerada de 1 em 1 quilómetro e estão identificadas as distâncias de 10, 20, 30, 40 e 50 quilómetros. Os grupos constataram ainda que é possível alterar a escala consoante ampliarmos ou reduzirmos o mapa.

Figura 5: Imagem recortada do Google Maps® com o segmento de reta correspondente à menor distância entre o trajeto escola-Dino Parque e o percurso a percorrer em automóvel



Fonte: Google Maps®

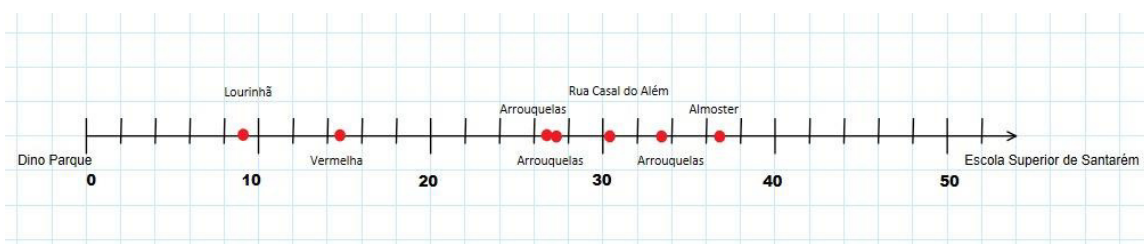
A seguir os estudantes tiveram de identificar os distritos atravessados pelo segmento de reta representado; observar a reta com recurso às potencialidades do Google Maps® e da ferramenta O que é isto? e identificar, no mapa, alguns dos pontos em que a reta interseca o(s) distrito(s) que identificaram. Em seguida, indicaram os locais que correspondem a esses pontos, a distância a que se encontram do Dino Parque e a distância a que se encontram da escola. No caso de os pontos de partida e de chegada serem outros, os distritos interseçados podem ser também outros. Deste modo, os valores apresentados são aplicáveis apenas ao contexto específico desta sequência didática. É objetivo desta questão a identificação de pontos na reta e a subtração entre números racionais na forma decimal. No Google Maps® é traçado um segmento de reta e não uma reta e os valores obtidos poderão variar ligeiramente consoante os pontos do mapa que são selecionados. Para este contexto o segmento de reta atravessa os três distritos de Santarém, Lisboa e Leiria. Os pontos de interseção (do)da (segmento de) reta com a fronteira dos distritos identificados são cerca de oito. Contudo, as estudantes poderão apenas identificar alguns. Como alguns pontos pertencem à mesma localidade, as estudantes identificaram as localidades numerando-as. Alteraram a escala do mapa para identificarem, por observação (do)da (segmento de) reta, a distância a que cada ponto está da origem (Dino Parque). Para determinarem a distância de cada ponto identificado até à escola, as estudantes fizeram a respetiva diferença, como se apresenta num exemplo de resposta (Tab. 2).

Tabela 2: Exemplo de resposta para a questão 2.6

| Fronteira entre os distritos | Localidade «O que é isto?» | Distância até ao Dino Parque (0) | Distância até à escola (52,6 Km) |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Leiria e Lisboa | Reguengo Grande | 8,76 | $52,6 - 8,76 = 43,84$ |
| | Vermelha | 14,91 | $52,6 - 14,91 = 37,69$ |
| Lisboa e Santarém | Arrouquelas 1 | 26,6 | $52,6 - 26,6 = 26$ |
| | Arrouquelas 2 | 27,3 | $52,6 - 27,3 = 25,3$ |
| | Alcoentre | 29,35 | $52,6 - 29,35 = 23,25$ |
| | Manique do Intendente | 33,15 | $52,6 - 33,15 = 19,45$ |
| | Arrouquelas 3 | 33,5 | $52,6 - 33,5 = 19,1$ |
| | Arrouquelas 4 | 33,6 | $52,6 - 33,6 = 19$ |

Na resposta à última questão desta etapa os grupos reproduzem uma reta numérica (Fig. 6) semelhante àquela que o Google Maps® apresenta, com recurso a uma folha de papel quadriculada. Representaram os números que consideraram convenientes, nomeadamente, os correspondentes ao Dino Parque e à escola e aos locais identificados na questão anterior. Identificaram posteriormente os locais a que correspondiam cada uma dessas distâncias. É objetivo desta questão a representação de números racionais na forma decimal que representam a distância de cada localidade até ao Dino Parque.

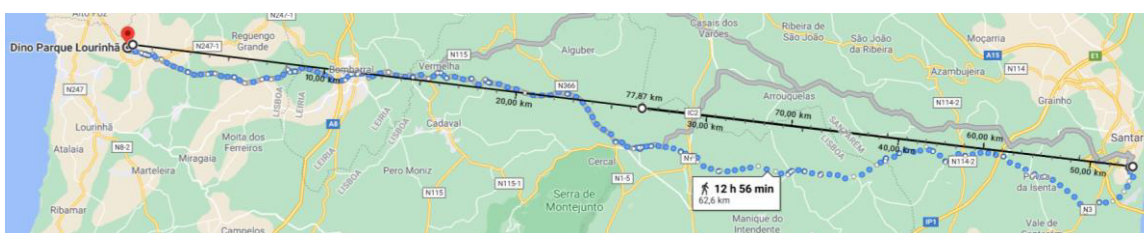
Figura 6: Exemplo de uma reta numérica elaborada pelas estudantes



3.3. Explicar/Explain

Esta etapa tem como finalidade que as estudantes relacionem e expliquem as suas descobertas. Assim, depois de selecionarem o percurso pedonal, as estudantes interpretaram e discutiram o observado tendo em conta a exploração que fizeram anteriormente (na Tabela 2). Os grupos analisaram as razões para a sequência de pontos se aproximar mais da reta do que qualquer um dos outros percursos, para um tempo de viagem superior e para uma distância a percorrer menor (Fig. 7).

Figura 7: Imagem recortada do Google Maps® com o segmento de reta correspondente à menor distância entre o trajeto escola-Dino Parque e o percurso pedonal selecionado



Fonte: Google Maps®

3.4. Explorar/Explore II – Construção de uma bússola

Depois de uma breve introdução sobre o funcionamento e a utilização da bússola, e a visualização de um vídeo¹, as estudantes discutiram em grupo e escreveram as suas ideias sobre estes aspetos.

¹ Khan Academy Brasil (2021). A bússola. [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=DaTZd_4c-W8

Posteriormente, desenharam uma bússola corretamente orientada e indicaram o nome dos quatro pontos cardeais.

Se a realização da atividade fosse presencial nesta fase seria disponibilizada a cada grupo uma bússola. Como forma de contornar a limitação do formato em que decorreu a aula foi sugerido às estudantes que usassem a aplicação dos seus *smartphones*. Nos casos em que o smartphone não dispunha desta ferramenta, foi relativamente fácil encontrar diversas aplicações em Google Play ou App Store – Apple. Com a ajuda da bússola deveriam registar numa tabela a direção do ponto cardinal correspondente a quatro objetos localizados no espaço da sala de aula, em relação ao local onde se encontravam sentados. Os resultados obtidos iriam variar tendo em conta a posição dos grupos e do objeto na sala de aula. Mais uma vez foi sugerido que fizessem essa exploração a distância com os recursos de que dispunham.

Partindo da visualização de um vídeo² os grupos foram desafiados a elaborar um plano que lhes permitisse construir uma bússola. Em seguida, executaram o plano, recolheram imagens e testaram a bússola construída com apoio da aplicação do smartphone. Ficou ao critério dos grupos a seleção dos materiais, a execução do plano e a testagem do produto, porém, esta tarefa compreendia de um modo geral, os seguintes procedimentos: a) magnetizar a ponta da agulha, esfregando-a no ímã repetidas vezes sempre no mesmo sentido; b) colocar a agulha sobre uma rolha a flutuar num recipiente com água; c) identificar o Norte na própria rolha ou numa folha de baixo do recipiente (caso seja transparente); d) rodar a rolha com a ponta magnetizada virada para o lado para o lado contrário para testar se esta se vira e aponta para o Polo Norte Magnético.

A realização a distância condicionou a realização desta tarefa, por exemplo, alguns elementos do grupo que não dispunham dos recursos necessários limitaram-se a visualizar o que outros demonstravam através da plataforma Zoom®. Os produtos finais variaram um pouco em função dos materiais disponíveis (Fig. 8), tendo alguns grupos optado por rolhas de cortiça e outros por rolhas de plástico. Outro aspeto que os distinguiu foi a forma usada para indicar os pontos cardeais, alguns grupos optaram por colocar a indicação na própria “bússola” e outro colocaram numa folha por baixo do recipiente com água.

Figura 8: Imagens das bússolas construídas por dois grupos de estudantes



² World of Engineering (2018). *How to Make a Homemade Compass – DIY Compass*. [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=4_tQQFHpSa4

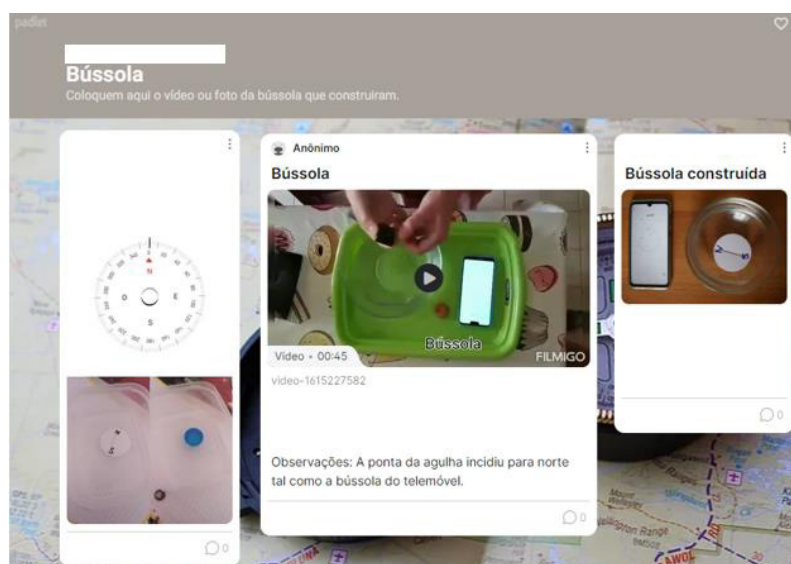
3.5. Elaborar/*Elaborate*

Com este desafio pretendia-se que as estudantes mobilizassem os conhecimentos adquiridos sobre a bússola para identificar em que direção se encontra o Dino Parque, anteriormente explorado com a ferramenta Google Maps®. Toda a exploração tinha como referência a escola, mas os grupos adequaram corretamente à sua localização.

3.6. Partilhar/*Exchange*

Os estudantes partilham com toda a turma vídeos e fotos da bússola que criaram. A partilha foi feita num mural digital com recurso à ferramenta digital Padlet® criado pelas docentes (Fig. 9). Apenas um grupo optou pela disponibilização de um vídeo demonstrativo da construção da sua bússola.

Figura 9: Excerto do padlet com os vídeos e fotos das bússolas construídas pelos grupos



Fonte: Padlet®

3.7. Avaliar/*Evaluate*

No final da atividade as estudantes realizaram uma avaliação individual sobre o modo como a atividade contribuiu para a sua aprendizagem, refletindo sobre as dificuldades sentidas e contribuindo com sugestões para melhorar a atividade.

3. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A atividade STEAM foi implementada a distância em pleno confinamento devido à pandemia COVID-19, o que obrigou a algumas adaptações à atividade planeada. Todavia, apesar dos constrangimentos, em geral, as estudantes conseguiram reunir os materiais necessários para a construção da bússola e fazer os ajustes necessários a algumas questões. Por exemplo, na etapa

Elaborar alguns grupos optaram por indicar a direção em que se encontra o Dino Parque em relação à escola (Oeste) e outros usaram a sua localização: “Tendo em conta a posição de uma das pessoas do nosso grupo o Dino Parque encontra-se a Sul da mesma” (G1); “A bússola foi construída em Arruda dos Vinhos, desta forma, o Dino Parque encontra-se a noroeste” (G5).

Globalmente, a reflexão realizada pelos grupos no final da atividade revelou que se apropriaram bem do modelo dos 6E, conseguindo, com maior ou menor detalhe, descrever as tarefas a realizar pelos alunos em cada uma das etapas dando exemplos concretos da atividade. Quanto aos objetivos de aprendizagem, identificaram-nos corretamente a partir dos documentos curriculares da área de Estudo do Meio e da Matemática. Alguns grupos enumeraram ainda aprendizagens essenciais da área da Expressão e Educação Plástica (G1), das Tecnologias da Informação e Comunicação (G1, G2, G6 e G8) e do Português (G5 e G6). Relativamente às características da abordagem integradora das STEM, os grupos G1, G4 e G6 justificaram que a atividade realizada seguia os cinco princípios-chave propostos por Thibaut et al. (2018).

Esta atividade tem claramente evidências de uma atividade STEM. Ao mesmo tempo acrescentaríamos e passaríamos a enquadrá-las nas atividades STEAM, uma vez que, se encontra focada no ensino de diversas áreas curriculares como é o exemplo das ciências (estudo do meio), a tecnologia (TIC), a engenharia (construção da bússola), as artes e a matemática. Além disso, a mesma fomenta e obedece aos cinco princípios-chave de uma atividade STEAM nomeadamente, como já referido a integração dos conteúdos das disciplinas STEAM, a aprendizagem baseada na resolução de problemas, a aprendizagem baseada em *inquiry* (investigação), a aprendizagem baseada no *design* e o trabalho colaborativo. (Reflexão, G1).

Os restantes grupos não destacaram todas as características, como por exemplo o G3, referiu apenas a interdisciplinaridade, a integração das tecnologias, o trabalho colaborativo e a resolução de problemas reais e relevantes. A este respeito, G4 e G5 referiram ainda o desenvolvimento das competências do século XXI.

A análise das respostas das estudantes na avaliação individual da atividade demonstra que os aspetos positivos mais destacados foram a exploração do Google Maps® (11 estudantes) e a construção da bússola (nove estudantes). Outros pontos fortes da atividade foram enumerados, como a interdisciplinaridade (quatro estudantes), o contexto/problema de partida (duas estudantes) e a tarefa de pesquisa/seleção de informação (uma estudante). Porém, o aspeto que mais estudantes mencionaram como um ponto forte da atividade foi em igual número o que consideraram mais difícil. Com efeito, as estudantes demonstraram não estarem familiarizadas com as funcionalidades exploradas na ferramenta digital e manifestaram dificuldades na marcação dos pontos de intersecção na reta. Também em igual número as estudantes sugerem a redução do número de questões apresentadas no guião, por considerarem que uma atividade tão extensa pode ser desmotivante para as crianças. Um número inferior de estudantes relatou dificuldades sentidas no manuseamento da bússola (quatro estudantes), por ter sido a primeira vez que utilizavam este instrumento, e apenas duas estudantes relataram ter tido dificuldade na sua construção.

No final do semestre foi ainda realizada uma entrevista de grupo focado online (Falter et al., 2022) de modo a conhecer as perspetivas das futuras professoras do 1.º CEB sobre a abordagem STEAM. As estudantes perspetivam a sua experiência com esta abordagem de forma positiva, necessária e importante à sua formação, mas não suficiente. Ao longo da sua licenciatura recordam momentos que valorizam, em que lhes foi dada a oportunidade de implementar uma atividade STEAM com alunos do 1.º CEB.

Foram enriquecedoras [as atividades STEAM], não conhecíamos, falo por mim, eu não conhecia, passei a conhecer e tendo em conta que pudemos nós executar, primeiro como alunos e depois construir para outras crianças para depois poderem testar, ou poderem fazer, isso dá-nos uma experiência que se calhar se fossemos logo para estágio, (...) ainda não encontrei um professor que implementasse, por isso teve de ser na escola, em contexto das nossas aulas, por isso é muito enriquecedor, sem dúvida. (EGF, P5)

Referem que nos contextos de estágio pelos quais passaram gostariam de ter observado alguém na prática a implementar uma experiência deste tipo, mas que tal não ocorreu. Contudo, pelo facto de terem tido oportunidades de realizar atividades STEAM, ao longo da sua formação, consideram ter mais confiança para as implementar no futuro.

Uma das estudantes que teve oportunidade de implementar atividades STEAM, em contexto de estágio, refere ainda que, apesar das experiências pelas quais passou, ainda não possui confiança suficiente na sua implementação. Considera ser necessária mais experiência de lecionação e gestão da turma, mas também relativamente à delimitação da própria atividade havendo aspetos relacionados com as áreas envolvidas, como a engenharia, que por vezes são difíceis de contemplar.

A confiança não está lá toda, ainda só fiz duas experiências, ainda não consegui englobar a engenharia como gostaria, mas pode ser que no próximo estágio eu já consiga pensar melhor numa atividade, pode ser que aí a confiança já seja outra. (...) Preciso de um bocadinho mais de prática para ficar mais confiante naquilo que estou a fazer. Ainda estou a começar a conhecer o meu ritmo, a começar a conhecer-me à frente de uma turma (...). (EGF, P3)

A experiência com a abordagem STEAM que as estudantes tiveram é valorizada no discurso das estudantes, tendo-se apropriado do modelo teórico, nomeadamente no que diz respeito à interdisciplinaridade entre áreas curriculares, ao recurso à tecnologia, à utilização de contextos e situações práticas familiares e do dia-a-dia e à apropriação ao modelo dos 6E.

(...) A partir de um tema de Ciências ou de Estudo do Meio (...) uma das formas de se poder trabalhar (...) é com interdisciplinaridade. (...) é uma atividade prática até para o dia-a-dia porque é algo que eles levam para a vida fora, não é só uma questão de conteúdo programático. E isso também é muito importante, o facto de as STEM poderem estar em ligação com algo prático. (...) Serviu de modelo, em Didática da Matemática no 1.º Ciclo, numa planificação, fomos buscar o Google Maps®, lembrámo-nos por causa desta atividade dos itinerários, depois também aplicámos o modelo dos 6E. (EGF, P5)

São identificadas, pelas estudantes, diversas potencialidades da abordagem STEAM nomeadamente no que diz respeito à sua formação e construção de conhecimento profissional mas também ao nível das aprendizagens dos alunos. Relativamente ao desenvolvimento do seu conhecimento científico, matemático e das ciências, as estudantes referem que ter desenvolvido este tipo de atividades permitiu-lhes aprofundar o seu conhecimento científico.

(...) já tínhamos tido a experiência de aprender sobre o conteúdo, mas depois a questão de se ligar com a Matemática, (...) era algo que eu não sabia e que fiquei a saber. (...) um periscópio, (...) na altura era a questão dos submarinos, mas dava para outras aplicações (...). (EGF, P5)

No que diz respeito ao conhecimento pedagógico, as futuras professoras identificam aspetos que se encontram relacionados com o seu conhecimento da prática educativa e ao conhecimento didático. Refletem sobre a sua capacidade de promover a interdisciplinaridade e o trabalho colaborativo e de integrar algumas áreas. Ainda no âmbito do desenvolvimento do seu conhecimento, as estudantes referem aprendizagens relacionadas com o modelo de *inquiry* associado à construção e planeamento de uma atividade STEAM.

O facto de termos tido oportunidade em planificar isso já facilita, pelo menos em seguir as várias fases, no caso do *inquiry* que está muito associado também às STEM, o facto de sabermos que fases é que devem ser cumpridas e que fazem sentido para se construir aquele conhecimento, isso é fundamental e planificámos nesse sentido. (EGF, P5)

No processo de construção de atividades identificam o desenvolvimento da sua própria criatividade bem como a sua capacidade de antecipar o trabalho dos alunos.

(...) é a tentar levar-nos um pouco para a prática, não para a prática real, mas pelo menos construirmos a tal criatividade, para pensarmos num tema que poderia ser trabalhado, isso puxa muito também pelo desafio de nós imaginarmos, de imaginarmos o que as crianças vão fazer e, sem dúvida, a didática tem um papel muito importante. (EGF, P5)

São também identificadas potencialidades no que diz respeito às aprendizagens dos alunos, considerando que a partir de atividades STEAM, as aprendizagens dos alunos são mais significativas pelo envolvimento que estas exigem. Referem ainda que uma das potencialidades desta abordagem é que fomenta uma maior motivação e promove um papel mais ativo por parte do aluno: “Eles [alunos] tiram as próprias conclusões, eles é que chegam mesmo à resposta. Eles têm o papel principal na sua aprendizagem, não somos nós que dizemos ‘é isto’(...)” (EGF, P2).

No que diz respeito aos desafios que a abordagem STEAM representa, as futuras professoras identificam alguns aspetos relacionados não apenas com o ensino do professor, mas também com a aprendizagem dos alunos. Referem que a integração de atividades STEAM por parte do professor representa um maior esforço para o professor quando tem alunos em níveis de aprendizagem muito distintos, e que o papel do professor é muito mais exigente pois é necessária a antecipação, por vezes difícil, do trabalho dos alunos. São referidos desafios também no âmbito da planificação e da implementação, nomeadamente, na gestão do tempo dedicado às diversas etapas de uma atividade assente num modelo *inquiry*, à orientação do processo de ensino e aprendizagem subjacente, à adequação ao nível de desafio associado aos alunos, à capacidade de

integração da Engenharia num guião de uma atividade STEAM e à capacidade do professor em desenvolver com a turma uma atividade de natureza mais aberta.

(...) as atividades STEM pressupõem existir tempo para os alunos chegarem a conclusões de alguma coisa, até fazer suposições, e abordar todas as fases, as conceções prévias, partir de uma questão problema, tudo isso leva tempo, coisa que, não é que não exista, a questão é, em contexto de ensino que é onde nós estamos agora, já estamos a começar a vislumbrar um bocadinho as dificuldades. (...) é preciso orientar (...) eles não têm ainda essa autonomia, nós apercebemo-nos disso (...). Eu tenho sempre a dificuldade de saber se a atividade é muito difícil para as crianças ou não e apercebo-me muitas vezes que só com 3 ou 4 leituras que o vocabulário tem de se ajustar (...) Para mim, é dos maiores desafios que se podem ter porque depois os miúdos podem não perceber, e isso trava ali o experimentar, o ir fazer depois a própria atividade. (EGF, P5)

4. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

As estudantes avaliaram de forma positiva esta experiência didática, embora reconheçam dificuldades na exploração da ferramenta digital e no manuseamento e construção de uma bússola. Estes resultados demonstram a necessidade de envolver os futuros professores do 1.º CEB na realização de atividades STEAM, de acordo com uma perspetiva integradora, de forma que adquiram maior confiança (Madden et al., 2016; Nadelson et al., 2013), em particular nas áreas da Tecnologia e Engenharia (Daugherty et al., 2014). As estudantes apontaram que a extensão da atividade pode ser desmotivante para os alunos pelo que consideramos ser importante rever este aspeto em futuras implementações.

A atividade STEAM realizada pelas futuras professoras teve um impacto importante pelas oportunidades de trabalho colaborativo que proporcionou e pela mobilização de conhecimentos e resposta a situações concretas que envolveu, pelo manuseamento de recursos digitais e a interpretação da informação recolhida através dos mesmos. Enquanto futuras professoras experienciaram o trabalho que os seus futuros alunos poderiam fazer, mas também refletiram sobre o enquadramento curricular e modos de trabalho dos alunos, anteciparam dificuldades e formas de resolução. Nas reflexões sobre a atividade, as participantes identificaram características-chave do modelo iSTEM (Thibaut et al., 2018), revelando apropriação do modelo teórico e da importância da articulação curricular de conteúdos destas áreas. Estas aprendizagens desenvolvidas na formação inicial são fundamentais para que futuramente planeiem e dinamizem atividades com estas características no contexto do 1.º CEB (Daugherty et al., 2014). Concluímos que a realização deste tipo de atividade na formação inicial é bastante valorizada pelas futuras professoras, não apenas enquanto estudantes que aprofundam o seu conhecimento relativo às áreas envolvidas, mas também, enquanto futuras professoras, dando-lhes oportunidade de refletirem sobre modos de implementarem tais atividades com os seus futuros alunos e desenvolvendo a sua confiança para as implementar.

A partir da experiência de ensino são identificadas potencialidades e desafios associados à abordagem STEAM e à sua implementação na formação Inicial de professores do 1.º CEB. Esta

abordagem favorece a aprendizagem dos conteúdos das áreas curriculares envolvidas, concretamente da Matemática, das Ciências Físicas e das Ciências Sociais, mas também permite o desenvolvimento do conhecimento pedagógico associado a cada uma das áreas envolvidas. Concretamente, no que diz respeito à capacidade de promover a interdisciplinaridade e o trabalho colaborativo, à facilidade de integração de algumas áreas, ao conhecimento de aprendizagem baseada em *design*, ao desenvolvimento da criatividade e à antecipação do trabalho dos alunos. São identificadas potencialidades associadas à aprendizagem dos alunos nomeadamente, o facto de possibilitar aprendizagens mais significativas e aprendizagens baseadas em *inquiry*, promover um papel mais ativo por parte do aluno e uma maior motivação para a aprendizagem. São identificados desafios associados à estas atividades, nomeadamente, sobre a exigência do papel do professor não apenas pela criatividade que o planeamento deste tipo de atividades implica, mas também na sua implementação, na orientação do processo de ensino e aprendizagem, na adequação do nível de desafio associado aos alunos, e na integração da engenharia.

O estudo permite-nos afirmar que a formação inicial é um espaço e um tempo cruciais para que os futuros professores se apropriem dos principais atributos de uma abordagem STEAM, experienciem a planificação e delineação de atividades desta natureza, mas também, vivenciem a sua implementação e gestão de sala de aula, de modo a favorecer um efetivo desenvolvimento do conhecimento das futuras professoras sobre as aprendizagens dos alunos. A formação inicial de professores deve, por isso, continuar a caminhar no sentido de proporcionar mais situações de prática, onde os futuros professores implementam atividades STEAM e adquirem experiência em contextos onde este tipo de trabalho seja uma realidade.

Apesar de as estudantes terem referido que se sentiam confiantes para implementar atividades STEAM no 1.º CEB, ao contrário de outros estudos (p. ex., Kim & Bolger, 2017) consideramos um imperativo progredir com esta experiência para outra etapa que envolva os futuros professores no planeamento de atividades e na sua implementação em contexto da prática profissional.

REFERENCES

- [1] Aguilera, D. and Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, vol. 11, p. 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- [2] Bassachs, M., Cañabate, D., Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R. and Colomer, J. (2020). Fostering critical reflection in primary education through STEAM approaches. *Education in Science*, vol. 10, n. 12, pp. 1–14. <https://doi.org/10.3390/educsci10120384>
- [3] Bequette, J. W. and Bequette, M. B. (2012). A Place for Art and Design Education in the STEM Conversation. *Art Education*, vol. 65, n. 2, pp. 40-47. <https://doi.org/10.1080/00043125.2012.11519167>
- [4] Bybee R. W. (2006). Scientific Inquiry And Science Teaching. In Flick L. B., & Lederman N. G. (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*, vol. 25 (pp. 1-14). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_1
- [5] Bybee, R. W. (2019). Using the BSCS 5E Instructional Model to Introduce STEM Disciplines. *Science & Children*, vol. 56, n. 6, pp. 8-12.
- [6] Camacho, G., Martins, M. C. and Correia, M. (2022). *Os meus itinerários*. Porto: Casa das Ciências. Disponível em: <https://www.casadasciencias.org/recurso/8998>

- [7] Colucci-Gray L, Burnard P, Cooke C., Davies, R., Gray, D. and Trowsdale, J. (2017). *BERA Research Commission: Reviewing the potential and challenges of developing STEAM education through creative pedagogies for 21st learning: how can school curricula be broadened towards a more responsive, dynamic, and inclusive form of education?*. BERA. Available: <http://oro.open.ac.uk/62156/>
- [8] Daugherty, M. K., Carter, V. and Swagerty, L. (2014). Elementary STEM education: The future for technology and engineering education? *The Journal of STEM Teacher Education*, vol. 49, n. 1, pp. 45–56.
- [9] Dejarnette, N. K. (2012). America’s children: Providing early exposure to STEM (science, technology, engineering, and math) initiatives. *Education*, vol. 133, n. 1, pp. 77–84.
- [10] DiFrancesca, D., C. Lee and McIntyre, E. (2014). Where is the ‘E’ in STEM for Young Children? Engineering Design Education in an Elementary Teacher Preparation Program. *Issues in Teacher Education*, vol. 23, n. 1, pp. 49–64.
- [11] English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, vol. 3, n. 3, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- [12] Estapa, A. T. and Tank, K. M. (2017). Supporting integrated STEM in the elementary classroom: a professional development approach centered on an engineering design challenge. *International Journal of STEM Education*, vol. 4, n. 6. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0058-3>
- [13] Falter, M., Arenas, A. A., Maples, G. W., Smith, C. T., Lamb, L. J., Anderson, M. G., Uzzell, E. M., Jacobs, L. E., Cason, X. L., Griffis, T. A., Polzin, M. and Wafa, N. Z. (2022). Making Room for Zoom in Focus Group Methods: Opportunities and Challenges for Novice Researchers (During and Beyond COVID-19). *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, vol. 23, n. 1. <https://doi.org/10.17169/fqs-23.1.3768>
- [14] García-Carmona, A. and Toma, R. B. (2021, Fevereiro). *STEM integrado: significados, dificultades y perspectivas en el contexto educativo español*. Comunicação apresentada em 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales y 5ª Escuelas de Doctorado. Universidad de Córdoba y APICE (Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales).
- [15] Greenwood, R., Austin, S., Bacon, K. and Pike, S. (2022). Enquiry-based learning in the primary classroom: student teachers’ perceptions. *Education 3-13*, vol. 50, n. 3, pp. 404-418. <https://doi.org/10.1080/03004279.2020.1853788>
- [16] Guzey, S. S., Moore, T. J. and Harwell, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, vol. 6, n. 1, pp. 11-29. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1129>
- [17] Hourigan, M., O’Dwyer, A., Leavy, A. M. and Corry, E. (2021). Integrated STEM – a step too far in primary education contexts?. *Irish Educational Studies*, vol. 41, n. 4, pp. 687-711. <https://doi.org/10.1080/03323315.2021.1899027>
- [18] Howe, C. J., Tolmie, A., Thurston, A., Topping, K. J., Christie, D., Livingston, K., Jessiman, E. and Donaldson, C. (2007). Group work in elementary science: Organisational principles for supporting pupil learning. *Learning and Instruction*, vol. 17, n. 5, 549–563.
- [19] Hsu, Y.-S. and Fang, S.-C. (2019). Opportunities and Challenges of STEM Education. In Y.-S. Hsu & , S.-C. Fang (Eds.), *Asia-Pacific STEM Teaching Practices* (pp. 1-16). Singapore: Springer International Publishing.
- [20] Kähkönen, A-L. (2016). *Models of inquiry and the irresistible 6E model*. Available: <http://www.irresistibleproject.eu/index.php/pt/blog-pt/168-models-of-inquiry-and-the-irresistible-6e-model>

- [21] Kelley, T. R. and Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, vol. 3, n.1, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- [22] Kim, D. and Bolger, M. (2017). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 15, n. 4, pp. 587–605. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9709-3>
- [23] Land, M. (2013). Full STEAM ahead: the benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, vol. 20, pp. 547–552. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.317>
- [24] Lage-Gómez, C. and Ros, G. (2021). Transdisciplinary integration and its implementation in primary education through two STEAM projects. *Journal for the Study of Education and Development*, vol. 44, n. 4, pp. 801-837 <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925474>
- [25] Madden, L., Beyers, J. E. and O'Brien, S. (2016). The Importance of STEM Education in the Elementary Grades: Learning from Pre-service and Novice Teachers' Perspectives. *The Electronic Journal of Science Education*, vol. 20, pp. 1-18.
- [26] Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. and Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, vol. 103, n.4, pp. 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- [27] Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação (2018). *Aprendizagens essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. 3.º ano. 1.º Ciclo do Ensino Básico. Estudo do Meio*. Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação.
- [28] Mohr-Schroeder, M., Cavalcanti, M. and Blyman, K. (2015). STEM education: Understanding the changing landscape. In A. Sahin, (Ed.), *A practice-based model of STEM teaching* (pp. 3–14). Rotterdam: Sense. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-019-2_1
- [29] Nadelson, L. S., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M. and Pfister, J. (2013). Teacher STEM Perception and Preparation: Inquiry-Based STEM Professional Development for Elementary Teachers. *The Journal of Educational Research*, vol. 106, n. 2, pp. 157-168. <https://doi.org/10.1080/00220671.2012.667014>
- [30] Quigley, C. F., Herro, D. and Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, vol. 117, n. 1–2, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1111/ssm.12201>
- [31] Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, vol. 68, n. 4, pp. 20–26.
- [32] Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. and Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, vol. 3, n. 1, p. 02. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- [33] Yakman, G. (2012). Recognizing the A in STEM Education. *Middle Ground Magazine*, vol. 16, n. 1, 15–16.