

**A TECNOLOGIA NUM CENÁRIO DE APRENDIZAGEM DE ARTICULAÇÃO  
ENTRE FÍSICA E MATEMÁTICA:  
UM ESTUDO NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES**

HÉLIA OLIVEIRA

hmoliveira@ie.ulisboa.pt | UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal

ANA HENRIQUES

achenriques@ie.ulisboa.pt | UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal

MÓNICA BAPTISTA

mbaptista@ie.ulisboa.pt | UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal

**RESUMO**

Este estudo decorre de uma experiência de formação com futuros professores (FPs) de física e de matemática, assente numa perspetiva STEM, num cenário de aprendizagem com tecnologia. A investigação foca-se no *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) dos FPs relativo à promoção da articulação das duas áreas, procurando perceber-se como integram a tecnologia na planificação de aulas do 8.º ano e os desafios e dificuldades que emergem nesse contexto. A análise dos dados, recolhidos através dos planos de aula e reflexões escritas dos FPs, incidiu sobre os modos como perspetivam e refletem sobre o uso da tecnologia nas três dimensões do modelo de articulação adotado. Evidencia-se que os FPs integram a tecnologia para sustentar os processos de *inquiry* e argumentação na presença das duas áreas disciplinares. Contudo, o uso da tecnologia para promover síntese de conhecimentos constituiu um ponto crítico, sendo um dos aspetos do PCK a merecer maior atenção na formação.

**PALAVRAS-CHAVE**

tecnologia; STEM; *Pedagogical Content Knowledge*;  
cenário de aprendizagem; formação inicial de professores.



**SISYPHUS**

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 7, ISSUE 01,

2019, PP.09-30

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.15805>

**TECHONOLOGY IN A LEARNING SCENARIO ON  
PHYSICS AND MATHEMATICS INTEGRATION:  
A STUDY IN PRE-SERVICE TEACHER EDUCATION**

HÉLIA OLIVEIRA

hmoliveira@ie.ulisboa.pt | UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal

ANA HENRIQUES

achenriques@ie.ulisboa.pt | UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal

MÓNICA BAPTISTA

mbaptista@ie.ulisboa.pt | UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal

**ABSTRACT**

This study comes from a teacher education experiment with prospective teachers (PTs) of physics and of mathematics, assuming a STEM perspective, in a learning scenario with technology. It focuses PTs' Pedagogical Content Knowledge (PCK) to promote the articulation of the two areas, trying to understand how they integrate technology in their lesson plans for one 8th grade class and what challenges and difficulties emerge in that context. The analysis of the data, collected through the PTs' lesson plans and written reflections, focused on how they perceive and reflect on the technology use in the three dimensions of the adopted integration model. PTs are able to integrate the technology to support inquiry and argumentation processes when two disciplinary areas are present. However, technology's use to promote the synthesis of knowledge emerges as a critical point, and thus it is one aspect of the PCK that demands more attention from teacher education.

**KEY WORDS**

technology; STEM; *Pedagogical Content Knowledge*;  
learning scenario; pre-service teacher education.



**SISYPHUS**

**JOURNAL OF EDUCATION**

**VOLUME 7, ISSUE 01,**

**2019, PP.09-30**

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.15805>

# A Tecnologia num Cenário de Aprendizagem de Articulação entre Física e Matemática: Um Estudo na Formação Inicial de Professores<sup>1</sup>

Hélia Oliveira, Ana Henriques, Mónica Baptista

## INTRODUÇÃO

A integração das disciplinas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) tem recebido atenção crescente, particularmente no caso da matemática e das ciências em cenários de aprendizagem ricos em tecnologia e, dado o seu potencial para aprofundar o ensino e a aprendizagem dos alunos nessas áreas disciplinares, tem vindo a ser sugerida a sua adoção em sala de aula (English, 2016; Ní Riordáin, Johnston, & Walshe, 2016).

No entanto, tais práticas de articulação exigem novas dinâmicas aos professores e revelam-se complexas, especialmente quando os professores são especialistas em apenas uma das áreas de conhecimento (Koirala & Bowman, 2003). Para a sua concretização, os professores precisam de ampliar o seu conhecimento profissional e, como tal, têm sido desenvolvidos estudos teóricos e empíricos (e.g., An, 2017) que alargam o conceito de *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) dos professores (Grossman, 1995; Shulman, 1987), especificando-o como um conhecimento explícito da pedagogia interdisciplinar.

Deste modo, é importante que na formação inicial sejam criadas condições para que os futuros professores se envolvam em experiências de STEM que fomentem o desenvolvimento do seu conhecimento profissional nesta área, incluindo o conhecimento sobre como integrar tecnologia, nesta perspetiva, na sua futura prática pedagógica. Dada a escassez de estudos empíricos sobre como apoiar os futuros professores a desenvolver práticas de integração da matemática e das ciências, nacional e internacionalmente (An, 2017), e tendo em conta que no nosso país os professores de matemática e de física do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário têm formações distintas, torna-se pertinente investigar as possibilidades de formação numa perspetiva STEM e os conhecimentos que futuros professores necessitam desenvolver para promover no ensino atividades de articulação entre as duas áreas.

Este estudo decorre, assim, de uma experiência de formação com futuros professores (FPs) de física e de matemática em que se procurou promover uma perspetiva de articulação entre as duas áreas, através do desenho e concretização de um cenário de aprendizagem para uma turma do 8.º ano de escolaridade. Focamo-nos, neste artigo, numa vertente do conhecimento profissional dos FPs, o *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) relativo à promoção da articulação das duas áreas científicas,

---

<sup>1</sup> Este estudo foi realizado no âmbito do Projeto *Technology Enhanced Learning at Future Teacher Education Lab*, financiado por fundos nacionais pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia (contrato PTDC/MHC-CED/0588/2014).



ao planejarem e refletirem sobre o uso de tecnologia nas aulas do cenário. Pretendemos, assim, responder às seguintes questões:

- como os FPs integram a tecnologia na planificação de aulas com vista à articulação das duas áreas?
- que desafios e dificuldades se identificam quanto ao uso da tecnologia para promover essa articulação?

Deste modo, este estudo pode contribuir para compreender com maior profundidade o PCK que os FPs desenvolvem com esta experiência e os desafios que emergem nesta abordagem, os quais deverão ser foco de atenção em futuros processos de formação.

## ARTICULAÇÃO DA MATEMÁTICA E DAS CIÊNCIAS NUMA PERSPETIVA STEM

A investigação em educação tem mostrado que a perspetiva integradora STEM tem potencialidades para a motivação e envolvimento dos alunos, a aprendizagem de conceitos científicos e o desenvolvimento de várias competências como a resolução de problemas, o pensamento crítico e a criatividade (Knezek, Christensen, Tyler-Wood, & Periathiruvadi, 2013; Rahm & Moore, 2015). A integração STEM no currículo, podendo envolver duas ou mais disciplinas, pode fomentar a curiosidade dos alunos acerca dos fenómenos naturais e promover o desenvolvimento do seu raciocínio, a partir da resolução de problemas relacionados com o mundo real (Crippen & Antonenko, 2018; Moore, Tank, Glancy, & Kersten, 2015). Nos estudos desenvolvidos por Guthrie, Wigfield e VonSecker (2000) e Hurley (2001) evidenciou-se que a articulação das disciplinas de matemática e ciências teve efeitos positivos no interesse dos alunos pela escola, na sua motivação para aprender e no seu desempenho académico. Para além disso, essa articulação pode fomentar o trabalho colaborativo dos professores no planeamento e desenvolvimento de tarefas interdisciplinares (NRC, 2000).

Zemelman, Daniels e Hyde (2005) destacam várias abordagens que podem facilitar a articulação da matemática com as ciências, em experiências STEM, das quais são exemplo o *inquiry*, a resolução de problemas e as atividades *hands-on*. Por exemplo, num estudo cujo foco foi a resolução de problemas, numa experiência integrada STEM, no qual participaram 30 alunos, estes reconheceram que a resolução de problemas foi uma estratégia muito positiva no sentido de facilitar as suas aprendizagens e o seu envolvimento nas disciplinas (Kuo-Hung, Chi-Cheng, Shi-Jer, & Wen-Ping, 2011).

Uma outra forma de promover a articulação entre disciplinas, nomeadamente entre a matemática e as ciências, é através do recurso à tecnologia. Trata-se de uma abordagem desafiante em que é necessário dar tempo e oportunidade aos professores para reconhecerem as potencialidades de usar as tecnologias como facilitadoras da integração das aprendizagens nas duas áreas e serem capazes de articular de modo efetivo os conceitos, a didática e a tecnologia no seu contexto de ensino (Ní Ríordáin et al., 2016). Neste sentido, é importante que os futuros professores tenham oportunidade, na sua



formação inicial, de discutir questões relacionadas com a interdisciplinaridade (Kim & Bolger, 2017) e de as vivenciarem através do recurso à tecnologia.

Numa perspetiva de articulação da matemática e das ciências, Treacy e O'Donoghue (2014) desenvolveram um modelo, designado de *Authentic Integration*, que toma as tarefas relacionadas com o mundo real e o *inquiry* como elementos centrais, a partir das quais se desenvolve a atividade de articulação das duas áreas. O modelo baseia-se em quatro características principais (figura 1): (i) desenvolvimento, síntese e aplicação do conhecimento; (ii) investigação focada, resultando em aprendizagens de nível superior; (iii) aplicação a cenários do mundo real; e (iv) tarefas ricas.

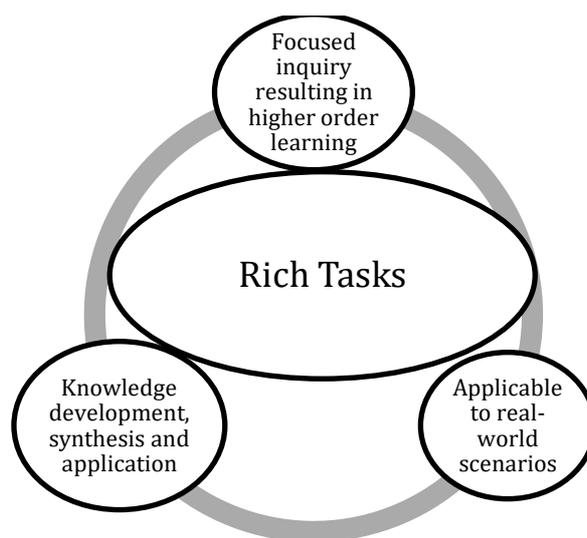


Figura 1. Modelo *Authentic Integration* (Adaptado de Treacy & O'Donoghue, 2014, p. 710).

A primeira característica, relativa ao desenvolvimento, síntese e aplicação do conhecimento, relaciona-se com a integração do conhecimento de vários domínios da matemática e das ciências, em que os alunos devem conseguir combinar o conhecimento das duas áreas para resolver um problema ligado a um contexto real.

A segunda característica fundamental da integração das duas disciplinas é a investigação focada (*focused inquiry*), como um meio para que os alunos desenvolvam processos de pensamento de nível superior. Neste estudo, entende-se como *inquiry* o trabalho em torno de tarefas que envolvem os alunos, de uma forma ativa, na procura do caminho a seguir para encontrar uma ou mais soluções. Essas tarefas são multifacetadas na medida em que requerem que os alunos: realizem observações, coloquem questões, pesquisem em livros e outras fontes de informação, planeiem investigações, façam a revisão do que já se sabe sobre a experiência, utilizem ferramentas para analisar e interpretar dados, explorem, façam previsões para responder às questões e comuniquem resultados (Lederman, 2006; NRC, 2000). Neste tipo de atividades os alunos são encorajados a dar prioridade às evidências para responder às questões e a usá-las para desenvolver a sua argumentação, ligando-as ao conhecimento científico (Lederman, 2006). Estas características colocam os alunos no centro das suas aprendizagens, promovem a compreensão dos fenómenos, suportam a



argumentação e a comunicação, bem como os seus processos de raciocínio e o pensamento crítico (Carlson, Humphrey, & Reinhardt, 2003).

A terceira característica do modelo é a sua aplicação a cenários reais, isto é, este deve permitir que os alunos resolvam problemas ligados com o dia-a-dia ou compreendam fenómenos que lhes são familiares, proporcionando-lhes experiências que possam aproximar-se de situações com que se venham a confrontar na sua vida pessoal ou profissional (Treacy & O'Donoghue, 2014).

A última característica deste modelo corresponde à natureza das próprias tarefas. Considera-se que estas devem apresentar desafios baseados em problemas que são transdisciplinares e que promovem a experimentação e o *inquiry* por parte dos alunos, através de trabalho colaborativo.

Contudo, a integração do STEM nas escolas é difícil e ainda pouco comum, sendo apontadas na literatura várias razões para esta situação, das quais se destacam: (1) o currículo escolar assenta, usualmente, em conhecimento compartimentado por várias disciplinas isoladas; e (2) a falta de conhecimento dos professores para fazerem a articulação entre as várias disciplinas (Ni Ríordáin et al., 2016).

#### PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE NUMA PERSPETIVA STEM

Na sua prática profissional, o professor apoia-se no seu conhecimento profissional para sustentar as decisões que toma, por exemplo, em sala de aula. Este campo do conhecimento profissional do professor tem sido alvo de inúmeras investigações empíricas e abordado segundo diversas perspetivas. Há três décadas, Shulman (1987) introduziu um domínio do conhecimento do professor que designou de PCK (*Pedagogical Content Knowledge*) e definiu-o como uma “amálgama de conteúdo e pedagogia que é de forma única a província dos professores” (p. 8). A partir dos trabalhos de Shulman, diversos autores propuseram variações ao modelo proposto pelo autor. Por exemplo, para Grossman (1995), o PCK é a combinação de conhecimento dos alunos, do currículo, de estratégias de ensino e representações didáticas de certos tópicos. Ponte e Oliveira (2002) consideram quatro dimensões para o conhecimento didático do professor (com proximidade ao PCK), associando-as à prática letiva: o conhecimento da matemática, o conhecimento do currículo, o conhecimento do aluno e dos seus processos de aprendizagem e o conhecimento do processo instrucional. Outros autores, como Ball, Thames e Phelps (2008), apresentaram três categorias para o PCK: (i) conhecimento do conteúdo e dos alunos, que inclui o conhecimento de estratégias, incompreensões e dificuldades dos alunos quando se envolvem em tarefas específicas de um conteúdo; (ii) conhecimento do conteúdo e do ensino, relacionado com a compreensão requerida para planear o ensino; e (iii) conhecimento do conteúdo e do currículo, que se refere ao conhecimento sobre o conteúdo e a sua integração no currículo.

Ao considerar a prática dos professores de articulação de duas ou mais áreas curriculares, emerge a necessidade de ponderar novas dimensões do PCK, desde logo, requerendo uma relação com o conhecimento do conteúdo de dois ou mais domínios. Hallman-Thrasher, Connor e Sturgill (2017) apontam a existência de algumas diferenças



nas dimensões consideradas para o PCK na investigação sobre o conhecimento do professor de matemática e do professor de ciências argumentando a necessidade da criação de modelos de PCK que digam respeito simultaneamente aos professores das duas áreas. Assumindo a existência de um contínuo entre conhecimento do conteúdo e PCK, em que as fronteiras são pouco definidas, estes autores propõem um modelo com as seguintes dimensões: (i) conhecimento da compreensão do aluno; (ii) conhecimento do ensino e estratégias de ensino; (iii) conhecimento do currículo; e (iv) conhecimento dos propósitos do ensino do conteúdo. No entanto, este modelo não considera o conhecimento específico do professor para articular as duas áreas que se revela crucial na prática letiva.

An (2017), por sua vez, propõe a concetualização de um novo tipo de PCK que designa por IPCK (*Interdisciplinary Pedagogical Content Knowledge*) e que considera ser uma capacidade específica que permite aos professores: (1) trabalhar aspetos interdisciplinares que requerem a compreensão da representação de conceitos usando temas que cruzam os limites do currículo; (2) aplicar métodos pedagógicos e atividades interdisciplinares ao abordar simultaneamente conteúdos de diversas áreas; (3) identificar conexões entre conhecimentos dentro e entre assuntos específicos, e desenvolver aulas com base nessas conexões; e (4) aplicar conhecimento de como as explorações interdisciplinares podem ser desenvolvidas como parte de um processo de ensino em que os alunos articulam conhecimento prévio de tópicos curriculares, ao mesmo tempo que apresentam esse novo conhecimento através de contextos de diversas áreas.

Com base nesta perspetiva teórica, An (2017) realizou uma investigação com o propósito de explorar como futuros professores de matemática e ciências desenvolvem o seu IPCK. Os resultados do estudo revelam que a participação em e a avaliação de atividades interdisciplinares, envolvendo múltiplos temas escolares, teve um impacto positivo nesse conhecimento. As aulas preparadas pelos futuros professores passaram a integrar novos métodos de ensino com conexões interdisciplinares mais profundas, expressas numa maior variedade de atividades e que integram temas que cobrem mais conexões ao nível do conteúdo, através de processos de *inquiry*. Atendendo aos resultados obtidos, o autor sugere que a formação inicial de professores deve proporcionar oportunidades para estes experienciar abordagens interdisciplinares e consequentemente compreenderem como desenvolver um ensino “autenticamente contextualizado”. O propósito a alcançar é formar professores capazes de identificar, selecionar e adaptar situações com potencial de exploração interdisciplinar que sirvam de contexto a tarefas a propor em sala de aula, nas quais os alunos aplicam processos de pensamento de alto nível.

Outros estudos também mostraram que a experiência de desenvolver planos de aula STEM em disciplinas de Didática pode influenciar positivamente as atitudes de futuros professores em relação à educação STEM (e.g., Kim & Bolger, 2017). Os autores observaram ganhos significativos relativamente: à perceção da sua capacidade para criar materiais para a educação STEM; à confiança e ao compromisso para desenvolverem tais aulas na sua prática futura; à sua perceção do potencial da integração para ajudar os alunos a aprender de uma maneira divertida e interessante que torna a aprendizagem significativa, permitindo-lhes ver a conexão entre ciência e matemática e o seu uso nas suas vidas; à tomada de consciência da necessidade de usar o trabalho colaborativo para realizar essa integração. Koirala e Bowman (2003) e Ní Ríordáin et al. (2016) também



relataram que os professores, ao desenvolverem planos de aula STEM, apreciaram a ênfase na interdisciplinaridade usada no curso, considerando que esta lhes permitiu desenvolver a sua compreensão dos principais aspetos da prática que precisam ser levados em consideração no planeamento de tais iniciativas.

Apesar dos benefícios deste envolvimento dos professores no planeamento de aulas STEM, a investigação realizada por Brown e Bongiages (2017) revela que essa é uma atividade desafiadora para eles, pois a sua maioria não tem certeza da extensão com que os diversos tópicos se poderiam integrar nos seus planos de aula e da abrangência do seu conhecimento do conteúdo necessário para o ensino de múltiplas áreas, devido à sua limitada compreensão dos conceitos dessas áreas. Também Koirala e Bowman (2003) apontam a pouca preparação dos professores para realizarem a articulação entre diferentes áreas, pela falta de conhecimento do conteúdo de uma delas e de modelos de integração.

Vários autores também se têm pronunciado sobre o conhecimento necessário ao professor para responder aos desafios e exigências de uma educação matemática no século XXI, significativamente transformada pelo uso de tecnologias (e.g., Mishra & Koehler, 2006). De facto, a tecnologia, particularmente a educacional, tem-se revelado um recurso enriquecedor das práticas pedagógicas, influenciando o que é ensinado e o modo como a aprendizagem dos alunos pode ser potenciada. Assim, na investigação sobre o conhecimento do professor relacionado com a tecnologia, o modelo teórico de TPACK (*Technological, Pedagogical and Content Knowledge*) tem ganho destaque para representar o conhecimento necessário para uma integração efetiva da tecnologia no ensino de tópicos específicos. O modelo engloba e enfatiza as complexas interações entre três dimensões desse conhecimento – conteúdo, pedagogia e tecnologia – quando aquelas têm lugar em contextos de sala de aula.

No contexto da educação STEM, a investigação sugere que os professores têm mais dificuldade em compreender a natureza da tecnologia e como integrá-la (Wang, Moore, Roehrig, & Park, 2011). Por exemplo, DeCoito e Richardson (2018) procuraram compreender como professores do ensino básico usam e percebem a tecnologia na prática e os fatores que influenciam as suas decisões pedagógicas para a incorporar na sua prática, usando o quadro conceptual do TPACK. Os dados, recolhidos após um programa de divulgação STEM, evidenciaram que os fatores que estavam presentes e influenciaram a forma como os professores situavam a sua pedagogia em termos de integração tecnológica podem categorizar-se em externos (recursos, formação e apoio) e internos (investimento pessoal em tecnologia, atitude em relação à tecnologia e colaboração com os colegas). Verificou-se também que os professores estavam confiantes no que respeita ao conteúdo, pedagogia e tecnologia mas que esta última era vista como uma ferramenta, em vez de uma parte integrante do processo de aprendizagem. Este estudo salienta a necessidade de a formação de professores não se centrar tanto no conhecimento tecnológico mas na articulação da tecnologia, da pedagogia e do conteúdo.

É amplamente reconhecido que as dimensões consideradas do conhecimento profissional do professor são dinâmicas e se desenvolvem como consequência do seu envolvimento na planificação das aulas, na sua realização e na reflexão sobre a aprendizagem dos alunos (Kim & Bolger, 2017; Nilsson & Loughran, 2012). Assim, a literatura salienta a importância de os futuros professores desenvolverem uma perspetiva integrada destas várias dimensões do conhecimento, sendo-lhes

proporcionadas, na formação inicial, atividades que os apoiem efetivamente no desenvolvimento do seu conhecimento profissional (Hallman-Thrasher et al., 2017; Ní Ríordáin et al., 2016; Nilsson & Loughran, 2012).

## O ESTUDO

### CENÁRIO DE APRENDIZAGEM E PARTICIPANTES

Este estudo decorre de uma experiência de formação com 10 futuros de professores (FPs) do 3.º ciclo e ensino secundário que frequentavam o 2.º semestre do 1.º ano dos cursos de Mestrado em Ensino de Matemática (4 FPs) e de Física e Química (6 FPs), na Universidade de Lisboa, visando o desenvolvimento do seu conhecimento sobre como planear e implementar atividades interdisciplinares na sala de aula. A experiência de formação envolveu as disciplinas de Iniciação à Prática Profissional 2 (IPP2) de cada um dos cursos de Mestrado e uma disciplina de Didática da Matemática (DM2) do mestrado em Ensino da Matemática, e foi desenvolvida de forma colaborativa pelas três formadoras (as autoras) responsáveis pelo ensino partilhado destas disciplinas. A disciplina de DM2 utilizou uma abordagem de *inquiry* com foco no PCK necessário para ensinar matemática, em particular estatística. Durante o semestre, a maioria das aulas das duas turmas de IPP2, foram lecionadas em conjunto, com os dois grupos de FPs, tendo sido discutidas diversas questões relacionadas com a interdisciplinaridade, em particular no que diz respeito às áreas científicas dos dois cursos. Visando proporcionar-lhes experiências com processos de *inquiry* e aumentar o seu conhecimento, familiaridade e confiança na concretização da articulação da matemática e das ciências na sala de aula, com base no *Authentic Integration Model* (Treacy & O'Donoghue, 2014), os FPs organizaram-se em pequenos grupos mistos de três ou quatro elementos e, em colaboração com as formadoras, desenvolveram um cenário de aprendizagem (Clark, 2009), na perspetiva STEM, com base numa tarefa de *inquiry* designada “O Degelo no Alaska”.

O contexto da tarefa é real (figura 2), baseando-se num concurso anual que ocorre numa região no Alasca (*Nenana Ice Classic*: [www.nenanaakiceclassic.com](http://www.nenanaakiceclassic.com)). A tarefa é constituída por três partes nas quais se solicita aos alunos que: (i) formulem conjecturas sobre a ocorrência do degelo no rio *Tanana*, questionando-os, por exemplo, “Em que altura do dia vamos apostar [para a quebra do gelo]?”; (ii) procurem uma resposta para este problema com base em dados estatísticos sobre a ocorrência do degelo nos últimos 100 anos, disponíveis e explorados com o *software TinkerPlots™* (Konold & Miller, 2005); e (iii) expliquem do ponto de vista científico, com base no seu conhecimento prévio, a resposta encontrada para o problema, incentivados por “Tendo em conta o que aprendeste nas aulas de física e química, uma explicação para a resposta que deste à questão anterior é...”. Deste modo, a tarefa motiva os alunos a mobilizar e articular conhecimentos de estatística e de física.



# NOTÍCIAS DO DIA

O Nenana Ice Classic é um concurso que ocorre anualmente junto à localidade de Nenana, no Alasca, para adivinhar quando é que o gelo do rio Tanana se quebra. As pessoas apostam sobre o minuto exato em que um tripé alto de madeira cairá dentro do rio gelado. O concurso foi iniciado em 1917 e tem ocorrido todos os anos desde essa data. Em 2015, por exemplo, o vencedor recebeu um prémio de trezentos e trinta mil dólares.



Figura 2. Contexto da tarefa “O Degelo no Alasca”.

O cenário foi implementado ao longo de três aulas lecionadas pelos grupos de FPs numa turma do 8.º ano, com o apoio da professora de Física e Química da turma e de uma das formadoras. Foram definidos pelos FPs, em interação com as formadoras e professora da turma, um conjunto de objetivos específicos para este cenário: integrar conceitos estatísticos e físicos, para compreender o fenómeno do degelo; analisar, tratar, representar graficamente e interpretar dados, recorrendo ao *software TinkerPlots*; fazer previsões, apresentar argumentos e contra-argumentos científicos para fundamentar a sua posição; trabalhar autónoma e colaborativamente. Ao longo das três aulas do cenário de aprendizagem, os alunos da turma de 8.º ano trabalharam de forma autónoma e em pequenos grupos, nomeadamente a pares, usando o *TinkerPlots* com que tinham sido familiarizados numa aula dinamizada também pelos FPs. Nestas aulas, na escola, ocorreram também momentos de discussão em grupo turma para promover os processos de argumentação que são centrais nesta tarefa.

## METODOLOGIA

O estudo é qualitativo, de natureza interpretativa (Erickson, 1986). Os dados foram recolhidos através dos planos de aula do cenário desenvolvidos pelos FPs e das suas reflexões escritas realizadas após a conclusão das aulas.

A elaboração de planos de aula é uma prática comum na formação de professores, sendo considerado não só um meio privilegiado para os FPs desenvolverem o seu PCK e ganharem uma maior confiança no momento em que levam o plano à prática, como também um bom indicador para analisar esse conhecimento (Prescott, Bausch, & Bruder, 2013). Em particular, no que respeita à planificação de aulas com recursos tecnológicos, esta requer que os FPs tenham em consideração aspetos que se prendem com a articulação do conteúdo da aula e as características do recurso, permitindo-lhe aprofundar a compreensão das suas potencialidades e limitações para o ensino (Leung, 2017). Os planos de aula elaborados pelos FPs, enquadrados curricularmente, definiam

o modo como a tarefa do cenário seria trabalhada em aula, nomeadamente recorrendo ao recurso tecnológico adotado – *TinkerPlots*. Estes planos de aula integraram, entre outros elementos, os objetivos que procuram atingir, o(s) método(s) de trabalho a implementar na sala de aula, as possíveis estratégias e dificuldades dos alunos na resolução da tarefa com a tecnologia e o modo como o professor poderia lidar com elas. Nas reflexões escritas, os FPs ponderam sobre as principais opções tomadas nos seus planos e as aprendizagens realizadas pelos alunos neste contexto, bem como a sua experiência nesta atividade de planificação e lecionação do cenário de aprendizagem STEM, com respeito à integração da tecnologia.

Para a análise do PCK que os FPs evidenciam quanto à articulação das duas áreas, centramo-nos nos modos como estes perspetivam e refletem sobre o uso da tecnologia neste cenário de aprendizagem, na relação com as três dimensões do modelo de articulação entre física e matemática que foi adotado: aplicação a cenários do mundo real; processos de pensamento de nível superior; e desenvolvimento, síntese e aplicação do conhecimento (Treacy & O’Donoghue, 2014). Note-se que nesta análise não foi considerada a dimensão *Tarefas ricas*, contemplada no modelo original, dado que a tarefa que integra o cenário de aprendizagem não foi desenhada pelos FPs mas apenas discutida e aprimorada em alguns aspetos coletivamente, em função de uma proposta inicial das formadoras. Assim, na análise realizada, para cada um dos três planos de aula (PA#) do cenário de aprendizagem elaborados por grupos diferentes de FPs, começámos por identificar os recursos tecnológicos selecionados e o modo como estes previam o seu uso em sala e, em seguida, procurámos interpretar possíveis intencionalidades dos FPs quanto à promoção da atividade dos alunos relativamente às três dimensões referidas do modelo de articulação. A este respeito, foram considerados não só possíveis usos dos recursos pelo professor mas também o modo como previam que os alunos iriam integrar a tecnologia na sua atividade, através da explicitação que fizeram nos seus planos de aula de possíveis estratégias e dificuldades dos alunos ao resolverem a tarefa com recurso à tecnologia, assim como do modo como poderiam apoiá-los a ultrapassar tais dificuldades. Estes dados provenientes da planificação escrita dos FPs, foram complementados com dados das suas reflexões escritas (R\_nome), realizadas após as aulas, nas quais se identificaram desafios e dificuldades associados ao uso da tecnologia na relação com as três dimensões acima mencionadas.

Para garantir a validade e fiabilidade da análise, duas investigadoras (entre as autoras) realizaram uma primeira análise dos documentos elaborados pelos FPs. Os desacordos ou dúvidas, no que respeita à codificação dos dados, foram depois discutidos com o objetivo de chegar a um consenso. A fiabilidade *inter-codes* realizada revelou um acordo superior a 0,80 no processo de codificação nas três dimensões, que é considerado satisfatório.



## RESULTADOS

### APLICAÇÃO A CENÁRIOS DO MUNDO REAL

O contexto da tarefa que integrou o cenário de aprendizagem desenvolvido na formação inicial assenta num evento social e físico real, a que os FPs deram particular atenção nos seus planos com a intencionalidade de apoiar os alunos do 8.º ano na compreensão da situação. Para que os alunos se apropriassem da tarefa como um cenário real, os FPs selecionaram recursos que facilitassem o reconhecimento da localização geográfica do evento e das características particulares desse local. Este cuidado dos FPs é particularmente pertinente dado que as condições climáticas, posição geográfica e duração do dia e noite do Alasca poderiam não ser familiares a todos os alunos. A esse respeito, o grupo 1, responsável pela primeira aula, indicou no seu plano que dedicariam os 15 minutos iniciais à interpretação da tarefa pelos alunos, nomeadamente, procurando que estes percebessem qual a localização do Alasca, recorrendo a um globo terrestre. Para a compreensão da situação que está na base do concurso descrito na tarefa, no que diz respeito ao modo como é determinado o momento em que ocorre o degelo no rio, este grupo selecionou também um vídeo que permitiria aos alunos visualizar esse acontecimento. Os FPs indicam também no seu plano de aula, algumas questões que podem colocar aos alunos para apoiá-los na interpretação da situação retratada no vídeo, caso estes mostrem dificuldades:

A professora poderá, durante o vídeo, transmitir ideias principais ou frases orientadoras como: Reparem que neste momento o gelo se começa a quebrar e o rio se começa a deslocar; Em que momento do vídeo acham que tocou a sirene? [momento que define o acontecimento degelo neste concurso]. (PA1, p. 4)

Dada a latitude da região focada pela tarefa ser bastante distinta da de Portugal, o que poderia dificultar a compreensão dos alunos sobre qual a inclinação dos raios solares ao longo do ano, o grupo 2 selecionou um *software* para ilustrar esse fenómeno. Tal é explicado pelo grupo no seu plano de aula: “O *software* permite que o aluno escolha a latitude do observador, e, escolhendo diferentes posições da Terra relativamente ao sol, analisar a inclinação dos raios solares, a altitude máxima solar e os meses característicos” (PA2, p. 10).

Para estas aulas foi proposta pelas formadoras a utilização do *software TinkerPlots*, com os dados relativos ao acontecimento degelo no rio. Os planos de aula dos vários grupos evidenciam que os FPs procuram levar os alunos a confirmarem ou infirmarem as suas conjeturas sobre o momento em que ocorre degelo e se este tem vindo a ocorrer mais cedo ao longo dos anos, através da exploração dos dados estatísticos no computador, o que de alguma forma pode ajudar os alunos a reconhecer a aplicabilidade da tarefa à realidade. Por exemplo, num dos planos, os FPs antecipam que os alunos apesar de explorarem dados estatísticos de 100 anos, podem, ainda

assim, tomar consciência que esse conjunto de dados não é suficiente para tomar uma posição perentória, esperando que estes usem “o argumento de que cem anos é um período de tempo pequeno e que não permite concluir que o degelo tenha vindo a ocorrer mais cedo” (PA3, p. 6).

Nas suas reflexões sobre esta experiência, os FPs parecem valorizar a exploração de um conjunto elevado de dados através da tecnologia permitindo, assim, a manipulação extensiva de dados reais. O comentário de Carlota sobre a tecnologia, na sua reflexão, vai nessa direção: “percebi que a tecnologia pode ser bastante útil (...) para a exploração de certos contextos, o que, por vezes, se torna difícil de concretizar, em tempo útil, sem a utilização de recursos tecnológicos” (R\_Carlota).

No entanto, poucos FPs explicitam o que tal experiência de exploração de dados reais pode significar para os alunos. Daniela parece associar as potencialidades da tecnologia ao significado que os alunos podem atribuir aos dados em contexto: “[a tecnologia] ao facilitar a interpretação dos dados permite que os alunos tirem melhores conclusões sobre os mesmos, atribuindo-lhes também um melhor significado no contexto em que se inserem e penso que este *software*, nesta tarefa, desempenhou esse papel” (R\_Daniela).

Não se encontram referências por parte dos FPs aos conhecimentos que os alunos tenham eventualmente desenvolvido com o uso da tecnologia e que possam vir a aplicar em cenários reais, no futuro. Apesar de este aspeto não ser objeto da sua reflexão, não significa que desconsiderem as aprendizagens realizadas pelos alunos, no que ao uso da tecnologia diz respeito. No entanto, o facto de o recurso mais usado, o *software TinkerPlots*, ter características marcadamente escolares e não ser gratuito poderá de alguma forma limitar as suas perspetivas de futura utilização.

## PROCESSOS DE PENSAMENTO DE NÍVEL SUPERIOR

De acordo com o cenário de aprendizagem delineado coletivamente, a tarefa seguia uma lógica de *inquiry*, convidando o aluno a fazer previsões, explorar e interpretar dados e tirar conclusões, assim como a apresentar argumentos e contra-argumentos científicos para fundamentar a sua posição. A partir dos planos de aula elaborados, evidencia-se que os FPs atribuem um papel importante à tecnologia na promoção e sustentação daqueles processos, em particular, para encontrar tendências nos dados estatísticos e tirar conclusões fundamentadas nos dados, através do uso do *software TinkerPlots*. Os FPs mostram reconhecer que essa é uma atividade central em torno desta tarefa, antecipando, nos seus planos, algumas possíveis resoluções dos alunos assentes em diferentes representações gráficas. Por exemplo, o grupo 2 dá evidência de conhecer várias representações dos dados que poderiam ser úteis aos alunos para tirar conclusões, antecipando seis possíveis resoluções dos alunos. Numa delas convocam três variáveis relevantes no contexto em investigação e explicam como os alunos poderiam tirar partido dessa representação (figura 3) para: “realizar uma representação gráfica em que relacionam as três variáveis: mês, ano e dia (...) podendo constatar que, em abril, o degelo tendencialmente costuma ocorrer na



segunda quinzena do mês, enquanto, em maio, costuma ocorrer durante a primeira quinzena” (PA2, p. 7).

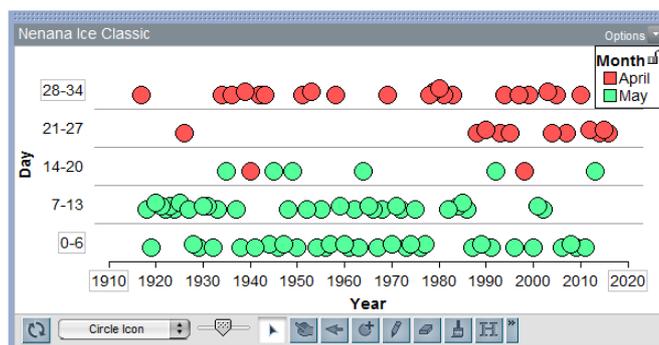


Figura 3. Representação gráfica nº 5 identificada pelo grupo 2.

O grupo mostra também compreender alguns constrangimentos que os alunos podem enfrentar na construção de algumas das representações dos dados, de forma a evidenciar a relação entre as variáveis, como refere relativamente à representação da figura 3: “Os alunos poderão ter dificuldades em colocar as três variáveis nos eixos. Poderão, ainda, confundir o dia e o mês, isto é, o mês de abril está representado entre os dias 14 e 30, enquanto o mês de maio está representado entre os dias 1 e 20” (PA2, p. 7).

Os FPs globalmente também têm a noção de que os alunos podem ter alguma dificuldade em tirar partido das potencialidades da tecnologia no processo de *inquiry* e, como tal, antecipam algumas questões que podem colocar em aula para ajudar os alunos a tirar conclusões: “Porque escolheste esta representação gráfica?”; “Como é que essa escolha te permite responder à pergunta?”; “Consegues facilmente verificar qual o mês mais frequente? Podes sempre utilizar o *count* para verificares as tuas conjeturas” (PA2, p. 7).

A exploração dos dados estatísticos com o *software* também é reconhecida pelos FPs como um apoio importante aos processos de argumentação e contra-argumentação que foram suscitados, principalmente, pela terceira parte da tarefa. O grupo 3, responsável pela correspondente aula, antecipa, no seu plano, possíveis argumentos dos alunos sustentados pela tecnologia, por exemplo: “[o aluno pode] argumentar que embora exista uma tendência em alguns anos, as exceções que contrariam essa tendência não nos permitem concluir a posição defendida pelo Paulo” (PA3, p. 6). Neste plano indicam também possíveis justificações dos alunos a partir das representações e medidas estatísticas (figura 4) que poderão realizar com o *software* e conseguem formular questões que o professor poderá colocar para apoiar os alunos nesses processos: “Achas que é possível concluir que há uma tendência nos dados ou não? Identificas ocorrências que te possam levar a dizer que o degelo não ocorre mais cedo? Como podes exibir melhor os dados?” (PA3, p. 5).

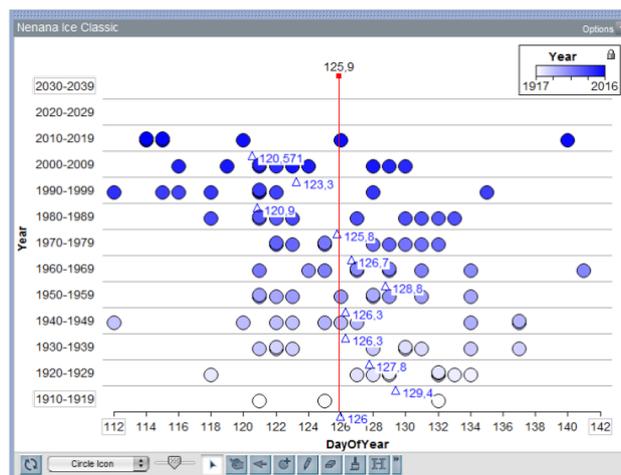


Figura 4. Representação gráfica do grupo 3 com indicação de médias por classes.

Nas suas reflexões sobre estas aulas, os FPs apontam que o *software* constituiu um apoio importante para os alunos desenvolverem os processos visados pela tarefa, mas reconhecem a sua complexidade e identificam algumas dificuldades reveladas pela turma. Cristina, por exemplo, ao analisar as respostas escritas dos alunos à tarefa identificou limitações nas justificações apresentadas com base na análise de dados que eles tinham realizado no computador: “os alunos também demonstraram algumas dificuldades em conseguir justificar as suas ideias (“A nossa ideia é...porque...” e em apresentar uma justificação científica para as conclusões que retiravam da análise dos dados através do recurso tecnológico” (R\_Cristina). Este tipo de reflexão dos FPs sobre a aula permite depreender alguma dificuldade da sua parte no apoio ao trabalho dos alunos, com o *software*. De facto, a natureza aberta deste recurso, permitindo uma grande variedade de representações e uso de diferentes medidas, constituiu também um desafio para os alunos e para os próprios FPs no acompanhamento do trabalho dos alunos. Ainda que no planeamento da aula tivessem procurado antecipar essas múltiplas possibilidades de exploração do *software*, foram surpreendidos por dificuldades que não tinham previsto, como refere Madalena:

Exigiu, por isso, um grande trabalho de exploração do *software* e das suas potencialidades para compreender as possíveis estratégias escolhidas pelos alunos e as consequentes dúvidas que surgiram desses processos de trabalho. Uma vez que o *TinkerPlots* apresenta inúmeras potencialidades, na concretização em sala de aula, surgiram dúvidas que não tinham sido contempladas (R\_Madalena).

Verifica-se, contudo, que os FPs nos planos de aula elaborados não anteciparam adequadamente como poderiam usar a tecnologia, nos momentos de discussão coletiva, para apoiar a apresentação e discussão das ideias dos alunos, fundamentais nos processos de argumentação e contra-argumentação visados pela tarefa. Ainda



assim, diversos FPs mostraram-se sensíveis para a sua importância, como é visível no caso das reflexões de Micaela e Cristina: “a projeção de possíveis resoluções gráficas do *TinkerPlots* teria sido uma mais valia no momento de discussão” (R\_Micaela); “A utilização deste *software* permitiu ainda que os diversos grupos apresentassem representações muito distintas e, desse modo, que no momento de discussão em grande grupo/turma houvesse uma grande diversidade de representações” (R\_Cristina). Esta é, portanto, uma dimensão do PCK dos FPs que carece de uma maior atenção.

## DESENVOLVIMENTO, SÍNTESE E APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Através da concretização do cenário de aprendizagem, pretendia-se que os alunos do 8.º ano aprofundassem a sua compreensão do fenómeno do degelo, num determinado local geográfico, convocando conhecimentos de Estatística e de Física. Ao planificarem estas aulas, os FPs procuraram formas de usar a tecnologia de modo a facilitar a mobilização de saberes pelos alunos na resolução da tarefa.

No caso do *software TinkerPlots*, não só previram representações gráficas e medidas de tendência central que os alunos poderiam usar para apresentar e interpretar os dados estatísticos mas também a possibilidade de os apoiarem através do questionamento, caso estes tivessem dúvidas, como é referido pelo grupo 1: “Que informação nos dá a média? E a moda? E a mediana?” (PA1, p. 6). Em algumas situações, a antecipação que os FPs fizeram do uso da tecnologia pelos alunos foi bastante específica, procurando tirar pleno partido das suas funcionalidades, como se verifica no exemplo seguinte:

Os professores devem introduzir a ferramenta “Key” para que os alunos consigam legendar os gráficos de forma que consigam fazer uma análise mais clara das representações gráficas. Neste sentido, podem, até, questionar os alunos: Será que inserir uma legenda ajudaria a que se percebesse melhor o que o gráfico traduz?” (PA2, p. 7)

A tecnologia esteve também presente para apoiar os alunos no aprofundamento dos seus conhecimentos de Física. Para que estes pudessem relacionar a variação da inclinação dos raios solares ao longo do ano com o aumento da temperatura na atmosfera e assim atribuírem sentido à estação do ano em que ocorre o degelo no local estudado, o grupo 2 previu a apresentação de uma simulação do movimento de translação da terra, recorrendo a um *software*. Através desta simulação, como é referido no seu plano, os alunos poderiam observar que: “existe uma maior concentração dos raios na superfície quando estes são menos inclinados (a superfície fica mais pequena, e com um tom amarelo mais forte)” (PA2, p. 10).

Neste cenário de aprendizagem, a discussão em grande grupo constituiria um dos momentos chave da aula para a promoção da síntese de conhecimentos das duas áreas científicas, de acordo com a exploração dos dados que os alunos tinham feito no

*software TinkerPlots*. No seu plano, o grupo 2 indicou que a turma poderia assim concluir que: “Na Primavera, os raios solares são menos inclinados, percorrem uma menor camada atmosférica, o que favorece um maior aquecimento da superfície; O aumento de temperatura nesta época favorece o degelo do Rio Nenana” (PA2, p. 10). Portanto, os alunos poderiam convocar os conhecimentos de Estatística e de Física para compreender o momento do ano e do dia em que o degelo teria maior probabilidade de acontecer. No entanto, na reflexão sobre a aula, alguns dos FPs reconhecem que tal síntese não foi totalmente conseguida, tal como refere António: “a discussão final com os alunos deveria ter sido um momento para promover a relação entre os dados obtidos no *TinkerPlots* e a respetiva explicação física”.

Por sua vez, os FPs do grupo 3, que prepararam e lecionaram a última aula, mostraram no seu plano (figura 5) a preocupação em levar os alunos a evocar todo o trabalho realizado ao longo do cenário, na realização da tarefa, para poder fundamentar o desafio final que lhes é apresentado: apostar na data e momento do dia em que o degelo ocorrerá no rio. O grupo revela assim a compreensão não só da importância da síntese dos conhecimentos nas atividades de articulação mas também do papel do professor na sua promoção.

<b>“A nossa aposta sobre a data e o momento do dia em que ocorrerá...”</b>	
<b>Atividade do aluno</b>	<b>Atividade do Professor</b>
Os alunos apresentam uma aposta da data e momento do dia, fundamentando-a com o trabalho e conclusões a que chegaram durante toda a realização da tarefa.	Questiona os alunos sobre as suas conclusões em relação à data e ao momento do dia da ocorrência do degelo, de forma a recordá-los da primeira e da segunda parte da tarefa.

Figura 5. Excerto do plano de aula do grupo 3 (p. 8).

Apesar de este grupo evidenciar a intenção de levar os alunos a combinarem os conhecimentos das duas áreas na resposta ao problema, de um modo geral verificou-se a necessidade de os FPs aprofundarem o seu conhecimento de como criar condições para um uso adequado da tecnologia para promover a combinação dos conhecimentos das duas áreas científicas.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A proposta de implementação de um cenário de aprendizagem que articulasse as áreas de matemática e física representou uma abordagem inovadora no contexto nacional, sendo também ainda pouco estudada internacionalmente (An, 2017). Os FPs trabalharam em grupos mistos, uma situação nova para eles, na elaboração de planos de aula que se adequassem ao modelo de articulação das duas áreas (Treacy & O’Donoghue, 2014) e tiveram também a sua primeira experiência de lecionação numa escola. O uso do *software TinkerPlots* estava pressuposto na tarefa proposta no



cenário, uma vez que os dados estatísticos para a realização da investigação estatística eram ali disponibilizados. Assim, os FPs tiveram de se familiarizar com essa ferramenta e também de pensar sobre a forma como os alunos iriam usar este *software* que é bastante aberto, nas dificuldades que poderiam enfrentar e em como apoiá-los. No entanto, por opção própria, os FPs selecionaram também outros recursos tecnológicos, verificando-se que conseguem identificar tecnologia apropriada para sustentar a atividade dos alunos na realização da tarefa.

Os FPs antecipam a integração da tecnologia neste cenário de aprendizagem de uma forma que atende às três dimensões do modelo de articulação adotado. No que diz respeito à primeira dimensão considerada, *aplicação a cenários do mundo real*, evidencia-se uma preocupação da sua parte em garantir a apropriação da tarefa pelos alunos, o que envolve uma boa compreensão do cenário real em que esta se ancora, assumindo a tecnologia um papel importante na representação das condições físicas da situação. As opções que os FPs tomaram exprimem uma valorização do trabalho dos alunos com contextos reais, o que implicitamente evidencia a importância que atribuem ao reconhecimento por parte dos alunos da aplicabilidade das duas disciplinas à realidade.

Relativamente à segunda dimensão considerada, *investigação focada, resultando em aprendizagens de nível superior*, os FPs perspectivam o uso da tecnologia para os alunos fazerem previsões, explorarem dados e estabelecerem conclusões, assim como conseguem, em certa medida, antecipar algumas ações do professor para apoiar os alunos nesses processos. O carácter flexível e dinâmico do *software* estatístico selecionado é considerado nos seus planos de aula, permitindo aos alunos encontrar tendências nos dados estatísticos e tirar conclusões a partir destes. Estas características do *software* podem, no entanto, também ter contribuído para algumas dificuldades que os FPs afirmam ter sentido no apoio ao trabalho dos alunos, constituindo uma faceta do seu PCK em que precisam de continuar a desenvolver-se. O mesmo se verifica relativamente à antecipação da forma como mobilizar a tecnologia nos momentos de discussão coletiva, de modo a sustentar a apresentação das ideias dos alunos, e assim favorecer os processos de argumentação e contra-argumentação.

Finalmente, no que diz respeito à terceira dimensão considerada, *desenvolvimento, síntese e aplicação do conhecimento*; observa-se que a tecnologia surge como um meio para mobilizar e aprofundar os conhecimentos de Estatística e de Física dos alunos. Os FPs identificam, nos seus planos de aula, um conjunto significativo de conhecimentos de cada uma das duas áreas científicas que os alunos precisam de convocar. No caso da Física fica bem patente que os FPs conseguem identificar a necessidade de os alunos articularem diversos conhecimentos para encontrarem uma explicação física para o fenómeno em estudo. No entanto, verifica-se que nem sempre os FPs anteciparam formas de usar a tecnologia para promover a síntese de conhecimentos das duas áreas científicas, na compreensão do fenómeno em estudo. Trata-se, assim, de um aspeto do PCK que deve merecer maior atenção da formação, dada a intencionalidade do cenário.

Embora sendo notório que os FPs precisam de mais experiências para integrarem a tecnologia de modo mais eficaz para promover a articulação entre a matemática e a física, tal como se verificou no estudo de Ní Ríordáin et al. (2016) com professores em exercício, os resultados deste estudo indiciam aprendizagens importantes. Salienta-se o facto de os FPs conseguirem antecipar e refletir sobre o uso da tecnologia para promover processos de *inquiry* e argumentação (Lederman, 2006) que são

naturalmente complexos para alunos deste nível de escolaridade, especialmente na presença de duas áreas disciplinares. De uma forma mais geral, é indiscutível a complexidade da atividade de planificação de aulas, numa perspetiva STEM, que promova uma verdadeira articulação entre duas ou mais áreas, necessitando os futuros professores de um apoio substancial nessa atividade (Kim & Bolger, 2017).

Este estudo permite-nos refletir sobre o papel central que a tecnologia desempenhou ao longo do cenário desenhado e como a ponderação sobre a sua integração nestas aulas orientou os FPs na consideração das três dimensões de articulação do modelo adotado e discutido na formação. Assim, mais do que constatar que a integração da tecnologia no cenário que é feita pelos FPs atende, globalmente, de forma adequada ao modelo de articulação, ressalta-se que esta contribui para a construção do sentido do que representa cada dimensão, e conseqüentemente para o desenvolvimento do seu próprio conhecimento sobre a articulação das duas áreas. Tal foi possível pelo facto de a tecnologia ter sido perspetivada como parte integrante do processo e não apenas como uma ferramenta (DeCoito & Richardson, 2018). Ademais, a formação constituiu também uma oportunidade de os FPs aprofundarem os seus conhecimentos sobre a tecnologia e os seus modos de uso pelos alunos, contribuindo para o desenvolvimento do seu TPACK.

A discussão em torno da natureza do PCK e da sua relação com o conhecimento do conteúdo é particularmente pertinente num contexto em que os (futuros) professores são especialistas em apenas uma das áreas, tal como aconteceu nesta formação. Quer se considere que constituem conhecimentos distintos, num contínuo ou intrinsecamente ligados (Hallman-Thrasher et al., 2017; Prescott et al., 2013), torna-se evidente neste estudo que os FPs se apoiaram fortemente nas suas respetivas áreas de conhecimento de conteúdo para dar corpo a esta atividade STEM, sendo para tal importante a constituição de grupos mistos.

A análise da implementação do cenário de aprendizagem em sala de aula permitirá compreender com maior profundidade o PCK que os FPs desenvolveram com esta experiência. Ainda assim, este estudo representa uma contribuição para compreender os aspetos que se revelam mais desafiantes neste tipo de abordagem e a atenção particular que a formação lhes deve conceder.

## REFERÊNCIAS

- AN, S. A. (2017). Preservice teachers' knowledge of interdisciplinary pedagogy: the case of elementary mathematics–science integrated lessons. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 49(2), 237-248.
- BALL, D., THAMES, M., & PHELPS, G. (2008). Content knowledge for teaching. What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.
- BROWN, R. E., & BOGIAGES, C. A. (2017). Professional development through STEM integration: how early career math and science teachers respond to experiencing integrated STEM tasks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-18. doi: 10.1007/s10763-017-9863-x



- CARLSON, I., HUMPHREY, G., & REINHARDT, K. (2003). *Weaving science inquiry and continuous assessment*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- CLARK, R. (2009). Accelerating expertise with scenario based learning. *Training+Development*, January, 84-85.
- CRIPPEN, K. J., & ANTONENKO, P. D. (2018). Designing for collaborative problem solving in STEM cyberlearning. In J. D. YEHUDIT, Z. R. MEVARECH & D. R. BAKER (Eds.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education, innovation in science education and technology* (pp. 89-116). Weston, MA: Springer.
- DECOITO, I., & RICHARDSON, T. (2018). Teachers and technology: Present practice and future directions. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 18(2), 362-378.
- ENGLISH, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3). doi: 10.1186/s40594-016-0036-1
- ERICKSON, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. WITTRICK (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 119-161). New York, NY: Macmillan.
- GROSSMAN, P. (1995). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, NY: Teachers College Press.
- GUTHERIE, J. T., WIGFIELD, A., & VONSECKER, C. (2000). Effects of integrated instruction on motivation and strategy use in reading. *Journal of Educational Psychology*, 92, 331-341. doi: 10.1037/0022-0663.92.2.331
- HALLMAN-THRASHER, A., CONNOR, J., & STURGILL, D. (2017). Strong discipline knowledge cuts both ways for novice mathematics and science teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*. doi: 10.1007/s10763-017-9871-x
- HURLEY, M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence and definitions from new perspectives. *Science and Mathematics*, 101, 259-268. doi: 10.1111/j.1949-8594.2001.tb18028.x
- KIM, D., & 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*, 15(4), 587-605.
- KNEZEK, G., CHRISTENSEN, R., TYLER-WOOD, T., & PERIATHIRUVADI, S. (2013). Impact of environmental power monitoring activities on middle school student perceptions of STEM. *Science Education International*, 24(1), 98-123.
- KOIRALA, H. P., & BOWMAN, J. K. (2003). Preparing middle level preservice teachers to integrate mathematics and science: problems and possibilities. *School Science and Mathematics*, 103(3), 145-154.
- KONOLD, C., & MILLER, C. D. (2005). *TinkerPlots: Dynamic Data Exploration*. Emeryville, CA: Key Curriculum Press.



- KUO-HUNG, T., CHI-CHENG, C., SHI-JER, L., & WEN-PING, C. (2011). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 87-102. doi: 10.1007/s10798-011-9160-x
- LEDERMAN, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. FLICK & N. G. LEDERMAN (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 301-317). Dordrecht: Springer.
- LEUNG, A. (2017). Exploring techno-pedagogic task design in the mathematics classroom. In A. LEUNG & A. BACCAGLINI-FRANK (Eds.), *Digital technologies in designing mathematics education tasks: potential and pitfalls* (pp. 3-16). Cham: Springer.
- MISHRA, P., & KOEHLER, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teachers' knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- MOORE, T. J., TANK, C. M., GLANCY, A. W., & KERSTEN, J. A. (2015). NGSS and the landscape of engineering in K-12 state science standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 296-318. doi: 10.1002/tea.21199
- NÍ RÍORDÁIN, M., JOHNSTON, J., & WALSHE, G. (2016). Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233-255.
- NILSSON, P., & LOUGHRAN, J. (2012). Exploring the development of pre-service science elementary teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 699-721.
- NRC (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy.
- PONTE, J. P., & OLIVEIRA, H. (2002). Remar contra a maré: A construção do conhecimento e da identidade profissional na formação inicial. *Revista de Educação*, 11(2), 145-163.
- PRESCOTT, A., BAUSCH, I., & BRUDER, R. (2013). A method for analysing pre-service teachers' pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 35, 43-50.
- RAHM, J., & MOORE, J. (2015). A case study of long-term engagement and identity-in-practice: Insights into the STEM pathways of four under represented youths. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 768-801.
- SHULMAN, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- TREACY, P., & O'DONOGHUE, J. (2014). Authentic Integration: a model for integrating mathematics and science in the classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(5), 703-718.



WANG, H., MOORE, T. J., ROEHRIG, G. H., & PARK, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13.

ZEMELMAN, S., DANIELS, H., & HYDE, A. A. (2005). *Best practice: today's standards for teaching and learning in America's schools* (3<sup>rd</sup> ed.). Portsmouth, N.H.: Heinemann.

\*

**Received:** December 1, 2018

**Accepted:** January 29, 2019

**Published online:** February 28, 2019

