

CONHECIMENTO PROFISSIONAL DOS PROFESSORES EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS STEAMH

PROFESSIONAL KNOWLEDGE OF TEACHERS IN STEAMH HANDS-ON EXPERIMENTS

Maria Cristina Costa¹ 
António Manuel Domingos² 

Resumo

Nos últimos anos têm vindo a aumentar os apelos para a promoção da interdisciplinaridade entre as várias áreas curriculares, com o objetivo de preparar melhor os estudantes para os desafios científicos e tecnológicos cada vez mais exigentes das sociedades modernas. Os professores desempenham um papel fundamental em qualquer processo de renovação pedagógica, o que torna necessário promover o seu desenvolvimento profissional de modo a inovar as suas práticas. Mas para promover o desenvolvimento profissional dos professores levanta-se a seguinte questão: como se caracteriza o conhecimento que promove a inovação nas práticas dos professores? Em particular, qual é o conhecimento necessário para promover a interdisciplinaridade? Esta última questão é o principal foco deste artigo, num contexto que envolve atividades experimentais *hands-on* que integram tópicos tais como ciências, tecnologia e matemática, entre outros. Com uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa, com recurso a estudos de caso, procuramos investigar quais são os tipos de conhecimento que se destacaram em alguns professores que participaram num programa de desenvolvimento profissional e implementaram tarefas interdisciplinares, em aula, com os respetivos alunos. Para implementar atividades experimentais interdisciplinares concluímos ser necessário adquirir conhecimento especializado relacionado com os conteúdos a ensinar, mas, não menos importante, é fundamental o conhecimento pedagógico para tornar os conteúdos acessíveis aos alunos de modo a promover uma aprendizagem significativa.

Palavras chave: Conhecimentos dos professores, desenvolvimento profissional, atividades experimentais *hands-on*, STEAMH, ensino básico.

Abstract

Lately, there has been an increasing call for the promotion of interdisciplinarity amongst several subject matters in order to better prepare the students to the scientific and technological challenges of modern societies. Teachers are the cornerstone of any educational reform, being crucial to promote their professional development. But professional development raises the following question: what knowledge promotes the innovation of teachers' practices? In particular, what knowledge is necessary to promote interdisciplinarity? This last question is the main focus of our research in the context of primary school teachers' professional development related to Mathematics, Science and Technology. With a qualitative methodology and an interpretative approach and based on case studies we intend to research what knowledge is highlighted in primary school teachers who participated in a Continuing Professional Development Program and implemented several hands-on interdisciplinary experiments in class. Main conclusions appoint to the need of specialized subject matter knowledge related to the topics to integrate but, not less important, there is a need for pedagogical knowledge to make the contents meaningful to students.

Palavras chave: Teachers' knowledge, professional development, *hands-on* experiments, interdisciplinarity, primary school.

¹ *Mathematics teacher from the Mathematics and Physics Department at the Instituto Politécnico de Tomar. PhD in Science Education, in the area of Mathematics Education, a teacher educator and a researcher from CICS.NOVA. Since 2013 is the Head of the educational project Academy of Science, Art and Heritage (www.academiacap.ipt.pt).*

² *Work at Department of Social Sciences, NOVA School of Science and Technology, University NOVA of Lisbon (FCT NOVA). PhD in Science Education, in the area of Mathematics Education. Researcher from CICS.NOVA and coordinator of UIED - Education and Development Research Unit, where he is Researcher Responsible for several research projects funded by the Foundation for. Coordinator of the Doctoral Program in Education and the master's degree in Education, both of FCT NOVA.*

Introdução

Nos últimos anos têm vindo a aumentar os apelos para a promoção da interdisciplinaridade entre as várias áreas curriculares, com o objetivo de preparar melhor os estudantes para os desafios científicos e tecnológicos cada vez mais exigentes das sociedades modernas (KIM; BOLGER, 2017; ROCARD *et al.*, 2007; BAKER; GALANTI, 2017). Neste sentido, vários acrónimos tais como STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) ou STEAM, que resulta de acrescentar Artes à sigla anterior, têm vindo a ganhar protagonismo ao ponto de fazerem parte do currículo de vários países (KIM; BOLGER, 2017). O Património também tem uma presença muito forte no mundo real e está relacionado com a interdisciplinaridade. Por este motivo, num outro estudo, os autores deste artigo propõem estender STEAM a STEAMH acrescentando H de *Heritage* (Património) à sigla anterior (AUTORES, 2018a).

Os professores desempenham um papel fundamental em qualquer processo de renovação pedagógica, o que torna fundamental promover o seu desenvolvimento profissional de modo a inovar as suas práticas (HEWSON, 2007; ROCARD *et al.*, 2007). Mas para promover o desenvolvimento profissional dos professores levanta-se a seguinte questão: como se caracteriza o conhecimento que promove a inovação das suas práticas? Em particular, qual é o conhecimento necessário que promove a interdisciplinaridade? Esta última questão é o principal foco deste artigo, num contexto que envolve atividades experimentais *hands-on* que integram tópicos relacionados com as STEAMH (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Heritage) no ensino básico. A denominação *hands-on* é usada num contexto no qual os próprios estudantes manipulam os materiais e observam os resultados tirando conclusões (ABRAHAMS; REISS; SHARPE, 2014).

Os mesmos autores deste artigo realizaram um estudo preliminar que envolveu um enquadramento teórico sobre o conhecimento necessário para implementar atividades experimentais interdisciplinares *hands-on* relacionadas com as STEAMH (COSTA; DOMINGOS, 2018c). Neste artigo, pretendemos desenvolver o estudo anterior procurando investigar em que medida este quadro se reflete em professores do primeiro ciclo do Ensino Básico (1.º CEB) que participaram num Programa de Desenvolvimento Profissional (PDP) que envolveu conteúdos relacionados com as STEAMH.

Shulman (1986) realizou um estudo onde distingue Conhecimento de Conteúdo (CK, Content Knowledge), Conhecimento do Currículo (CurK, Curricular Knowledge) e Conhecimento necessário para ensinar (SMK, Subject Matter Knowledge). Outros estudos se seguiram, relacionados com tópicos individuais, tais como matemática (BALL; THAMES; PHELPS, 2008), ciências (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999), ou tecnologia (MISHRA; KOEHLER, 2006), entre outros. Face aos apelos crescentes para introduzir a interdisciplinaridade, faz sentido

desenvolver os estudos anteriores questionando qual é o conhecimento necessário para a promover. Pretendemos, assim, contribuir para a literatura apresentando um estudo empírico que tem por objetivo caracterizar os conhecimentos necessários para promover a interdisciplinaridade, no âmbito de um programa de formação contínua de professores.

Neste artigo, começamos por referir a importância da promoção da interdisciplinaridade e do papel dos professores neste processo, assim como os vários tipos de conhecimento na educação científica. Por fim, com recurso a estudos de caso, procuramos investigar quais são os tipos de conhecimento que se destacaram em alguns professores do ensino básico que participaram num programa de desenvolvimento profissional relacionado com as STEAMH e implementaram tarefas interdisciplinares em aula com os respetivos alunos.

Enquadramento teórico

Nos últimos anos têm vindo a aumentar os apelos para a promoção da interdisciplinaridade nomeadamente para a integração das STEAM em aula (ENGLISH, 2017; FITZALLEN, 2015), de forma a corresponder aos desafios científicos e tecnológicos cada vez mais exigentes das sociedades modernas (KIM; BOLGER, 2017; BAKER; GALANTI, 2017). No entanto, a literatura refere várias dificuldades relacionadas com a implementação da interdisciplinaridade (BAXTER; RUZICKA; BEGHETTO; LIVELYBROOKS, 2014). Por exemplo, a educação em STEAM traz desafios adicionais aos professores e criadores de currículo, relacionados com a necessidade de assegurar que as disciplinas estejam convenientemente integradas de forma significativa (ENGLISH, 2017; KIM; BOLGER, 2017; RÍORDÁIN; JOHNSTON; WALSHE, 2016). Um desafio ainda maior está relacionado com a integração das STEAMH, por envolver vários tipos de conhecimentos especializados relacionados com as matérias a ensinar (COSTA; DOMINGOS, 2018a, 2018c).

Os professores são os protagonistas de qualquer processo de inovação pedagógica (ROCARD *et al.*, 2007), o que torna fundamental promover o seu desenvolvimento profissional (HEWSON, 2007). Murphy, Smith, Varley e Razi (2015) recomendam a implementação de um PDP de professores, que lhes dê a oportunidade de desenvolver o seu conhecimento concetual e pedagógico, sendo fundamental que os mesmos adquiram confiança e competência na aplicação das abordagens propostas. Para a concretização deste objetivo, é crucial apoiar os professores no decorrer do seu processo de formação (MURPHY *et al.*, 2015; ZEHETMEIER; ANDREITZ; ERLACHER; RAUCH, 2015). Neste sentido, Abd-El-Khalick (2013) defende a importância de apoiar os professores, incluindo apoio nas suas aulas, de modo a desenvolver um conhecimento robusto da matéria a ensinar. Para Buczynski e Hansen (2010), um PDP só será eficaz se os

professores adquirirem capacidade para implementarem o que aprenderam durante a sua formação. Por fim, “as inovações devem ser apropriadas pelas pessoas que as implementam e transformadas na sua prática pessoal, de forma a terem efeitos reais” (ZEHETMEIER *et al.*, 2015, p. 168).

Quanto à interdisciplinaridade, Ríordáin *et al.* (2016) referem que é fundamental “assegurar que os professores tenham a oportunidade de adquirir conhecimento de conteúdo” (p. 248), para facilitar uma abordagem integrada do ensino e aprendizagem da matemática e das ciências. Além disso, os mesmos autores defendem que é essencial apoiar os professores nas escolas de modo a contribuir para o sucesso da implementação de uma abordagem integradora.

Os autores deste artigo apresentam uma forma de implementar as STEAMH no ensino básico (COSTA; DOMINGOS, 2018a). Neste estudo, defendem que a eficácia desta abordagem está relacionada com o desenvolvimento de um trabalho colaborativo entre uma equipa de investigadores com conhecimentos de conteúdo especializado nas áreas das matérias a integrar e, ainda, na criação de um PDP adequado que exemplifique esta abordagem e que apoie os professores na implementação das suas práticas em aula.

No entanto, vários autores referem falta de conhecimentos científicos dos professores para uma implementação eficaz, por exemplo, do ensino das ciências no 1.º CEB (BROWN, 2014). Na verdade, continuam a ser muitos os estudos que referem que os professores continuam a fazer um ensino tradicional, centrado nos manuais, sem apelar à experimentação e à curiosidade natural das crianças (GILLIES; NICHOLS, 2015; ROCARD *et al.*, 2007).

Torna-se, assim, necessário continuar a desenvolver investigação nesta área, no sentido de se perceber quais são as abordagens que levam à inovação das práticas dos professores, nomeadamente quais são os conhecimentos que potenciam essa mudança.

Os tipos de conhecimentos na educação científica

De acordo com Young (2007), as escolas são instituições com o propósito específico de promover a aquisição do conhecimento. Este autor distingue vários tipos de conhecimento, entre eles, conhecimento do currículo, das escolas, do dia a dia, do senso comum adquirido em casa, bem como conhecimento adquirido na comunidade e local de trabalho (YOUNG, 2008). Young (2007) distingue “conhecimento dos poderosos” (apenas acessível a alguns) do “conhecimento poderoso”, referindo que este último tem enfoque no currículo e é o conhecimento que um País considera importante para os seus alunos. Cabe às escolas levar este conhecimento aos alunos e, deste ponto de vista, é fundamental questionar qual é o conhecimento que as escolas devem transmitir. Nas sociedades modernas, o conhecimento poderoso é cada vez mais um conhecimento especializado, o que faz com que seja prioritário os professores o adquirirem (YOUNG, 2007).

Para Young (2010), o currículo e a pedagogia são considerados conceitualmente distintos, no sentido em que se referem a responsabilidades distintas de criadores de currículo e de professores. Os professores precisam do currículo para “os guiar nas matérias a ensinar (...). Os criadores de currículo delegam nos professores a motivação dos estudantes e o dar significado real aos conceitos a transmitir aos alunos” (YOUNG, 2010, p. 24).

Shulman (1986) propõe distinguir três categorias de Conhecimento de Conteúdo (CK, Content Knowledge): Conhecimento de Conteúdo da Matéria a Ensinar (SMCK, Subject Matter Content Knowledge), Conhecimento de Conteúdo Pedagógico (PCK, Pedagogical Content Knowledge) e Conhecimento do Currículo (CurK). No que diz respeito ao SMCK, Shulman defende que saber uma matéria para ensinar requer mais do que saber os conceitos. O entendimento da matéria a ensinar para um professor inclui “não apenas compreender *que* algo é assim; para além disso o professor tem que entender *por que* é assim, quais são as bases que o sustentam, e sob que circunstâncias as nossas crenças na sua justificação podem ser enfraquecidas ou mesmo negadas” (SHULMAN, 1986, p. 9). Relativamente ao PCK, Shulman refere “as mais úteis formas de representação das ideias, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos, explicações, e demonstrações – numa palavra, as formas de representar e formular a matéria que a tornam compreensível para os outros” (p. 9). Finalmente, relativamente ao CurK:

O currículo é representado pelo conjunto de programas designados para o ensino de uma determinada disciplina ou tópico a um dado nível, a variedade de materiais de ensino disponíveis para esses programas, e o conjunto de características que servem simultaneamente de indicações e de contra-indicações para o uso de determinado currículo, ou materiais do programa em determinadas circunstâncias (p. 10).

De acordo com Ball (2003), “Nenhum currículo ensina por ele próprio e os conteúdos não atuam independentemente da interpretação dos profissionais que os transmitem” (p. 1). A mesma autora refere que: “Ensinar é uma prática profissional que exige conhecimento e habilidade, para além do que é visível a partir de uma análise do currículo” (p. 2). Deste ponto de vista, esta autora defende que uma intervenção pedagógica só será eficiente se for centrada na forma como os professores ensinam. Para além de conhecimento especializado sobre os conteúdos a ensinar, cabe ao professor saber como transmitir este conhecimento aos seus alunos. De facto, ensinar vai muito para além do CurK, ensinar requer interpretar, justificar, analisar erros, generalizar e definir, requer saber as ideias e os procedimentos em detalhe e sabê-los suficientemente bem para os representar e explicá-los com habilidade de diferentes formas (BALL, 2003).

A partir do estudo desenvolvido por Shulman, Ball *et al.* (2008) investigaram quais as competências necessárias para ensinar matemática. Neste estudo, os mesmos autores destacam e classificam diferentes tipos de conhecimento relacionados com o SMCK e PCK. Luft, Hill, Nixon,

Campbell e Dubois (2015) recomendam estender os domínios classificados por Ball et al. (2008) à área da educação em ciências. Os mesmos autores referem a necessidade de desenvolver mais investigação relativamente ao conhecimento de conteúdo, uma vez que a maioria dos estudos sobre o conhecimento para ensinar ciências debruçam-se essencialmente sobre o conhecimento pedagógico (PCK). De facto, existem vários estudos na educação em ciências relacionados com o PCK introduzido por Shulman (GROSSMAN, 1990; MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999; PARK; OLIVER, 2008).

Costa e Domingos (2017), destacam o Conhecimento de Conteúdo (CK) relacionado com as ciências como fundamental para levar os professores do ensino básico a implementarem atividades experimentais *hands-on* em aula. Num outro estudo, os mesmos autores (COSTA; DOMINGOS, 2018b) concluem que para implementar com sucesso o ensino experimental das ciências é primordial os professores adquirirem CK especializado de ciências. O mesmo estudo parece indicar que, no caso em que os professores têm vários anos de experiência de ensino, quando munidos de CK para ensinar ciências os mesmos revelam Conhecimento Pedagógico (PK) para implementar as atividades experimentais.

Também com base no PCK de Shulman (1998), Mishra et al. (2006) propõem um enquadramento concetual para a educação tecnológica ao qual chamam TPCK (Technological Pedagogical Content Knowledge). Neste estudo, eles identificam o conhecimento para ensinar necessário para a integração tecnológica no ensino. Os mesmos autores defendem que: “ensinar é uma atividade altamente complexa que assenta em muitos tipos de conhecimento (...) incluindo conhecimento do pensamento e da aprendizagem dos estudantes, e conhecimento da matéria a ensinar” (MISHRA *et al.*, 2006, p. 1020). Quanto ao PCK referem que:

PCK resulta da interseção do conhecimento e da pedagogia. (...) PCK é a forma como a matéria é transformada para ensinar. Isto ocorre quando o professor interpreta a matéria e encontra diferentes formas de a representar e de a tornar acessível aos alunos (MISHRA *et al.*, p. 1021).

Neste sentido, Ball et al. (2008) também referem que o PCK “oferece uma forma de construir pontes entre o mundo académico do conhecimento disciplinar e a prática do mundo do ensino (...) ao identificar uma amálgama de conhecimentos que combinam o conhecimento de conteúdo com o conhecimento dos estudantes e da pedagogia” (p. 398).

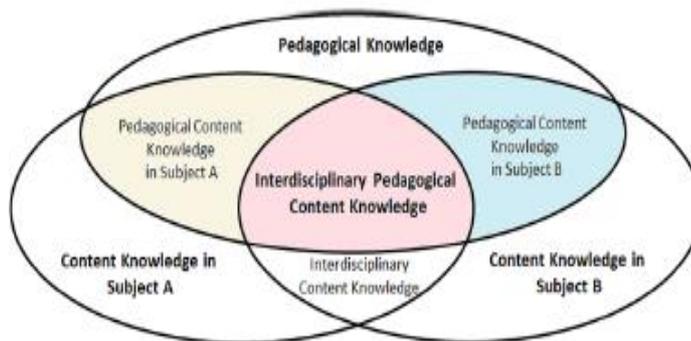
Uns anos mais tarde, Koehler, Mishra e Cain (2013) argumentam que a interação entre várias formas de conhecimento tais como CK, PK e Conhecimento Tecnológico (TK) resulta no TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), o qual defendem como o conhecimento necessário para integrar a Tecnologia com eficácia.

Com base no enquadramento, exposto nesta seção, verificamos que há um consenso relativamente à especificidade do conhecimento necessário para ensinar as diversas áreas curriculares, nomeadamente relativamente ao SMK e PCK.

Conhecimento necessário para promover a interdisciplinaridade

Neste artigo, pretendemos desenvolver os estudos anteriores procurando caracterizar qual é o conhecimento necessário para promover a interdisciplinaridade. Neste sentido, o estudo de An (2017) estende o PCK ao IPCK (Interdisciplinary PCK) no contexto da matemática e ciências (Figura 1). Para esta autora, IPCK é considerado um “conhecimento explícito da pedagogia interdisciplinar” (p. 238), sendo o PCK um conjunto de capacidades concentradas entre o PK e CK que têm a ver com a forma “como os tópicos individuais de conhecimento das matérias são sistematizados, modificados e exemplificados para o ensino em aula” (AN, 2017, p. 238).

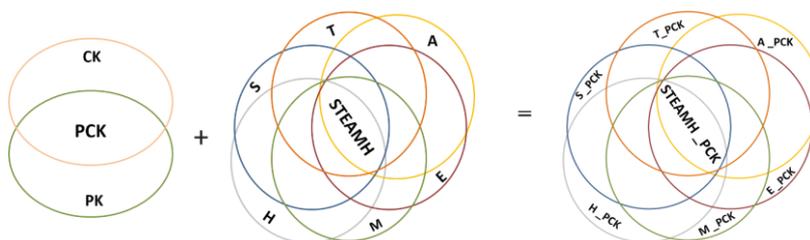
Figura 1: Conhecimento de Conteúdo Pedagógico Interdisciplinar



(AN, 2017, p. 239).

Costa e Domingos (2018c) apresentam um estudo preliminar onde propõem um enquadramento relativamente ao conhecimento necessário para integrar as STEAMH no ensino básico (Figura 2), estendendo o IPCK a STEAMH_PCK (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics and Heritage Pedagogical Content Knowledge).

Figura 2: Conhecimento para integrar as STEAMH.



Neste artigo, apresentamos um estudo empírico com o qual pretendemos investigar em que medida este quadro se reflete em professores do ensino básico que participaram num PDP na área das STEAMH e implementaram atividades interdisciplinares em aula.

Metodologia

O PDP envolve cursos de formação, constituídos por um total de 26 horas anuais (setembro a junho), distribuídas por vários workshops, com a duração de 2 a 4 horas cada. Os workshops são dinamizados por professores do ensino superior e investigadores nas áreas das ciências da educação, matemática, física, engenharia informática, engenharia eletrotécnica e de computadores, e tecnologias da informação e comunicação. A inscrição dos professores no PDP é voluntária. A Tabela 1 exemplifica o programa que decorreu no ano letivo 2016/2017, com duas turmas de professores do 1.º CEB.

No 1.º CEB, a eletricidade, a astronomia e o som estão integrados nas ciências que são ministradas na área curricular de Estudo do Meio, a qual dispõe de cerca de três horas semanais (Ministério da Educação, s.d.). Estes tópicos, entre outros, foram trabalhados, nos workshops com os professores, onde foram realizadas diversas atividades experimentais *hands-on* (Tabela 1).

Tabela 1 - Oficina de formação “Matemática, Ciências e Tecnologia: Uma abordagem experimental no ensino básico”, ano letivo 2016/2017.

Workshops	Participantes	Duração	Data
STEM para todos: fazer contas sobre a natureza	38	3h	18/01/2017
Tecnologias para promover STEM	39	3h	25/01/2017
Desvendar os Mistérios do Som	37	2 h 30 min	15/02/2017
Desvendar os Mistérios da Eletricidade	38	2 h 30 min	8/03/2017
Metodologias e partilha de boas práticas	38	2h	3/05/2017

No ano letivo seguinte (2017/2018) mantivemos o formato do ano letivo anterior (Tabela 1) e inscreveram-se 20 professores do 1.º CEB e 18 professores do 2.º e 3.º CEB.

Os workshops são conduzidos num ambiente colaborativo onde os professores têm oportunidade de experimentar e treinar as diversas tarefas interdisciplinares a serem implementadas em aula. Neste programa, os professores são incentivados a desenvolver as suas próprias tarefas com o apoio dos formadores. Este apoio estende-se à sala de aula dos professores quer para exemplificar atividades experimentais *hands-on* quer para apoiar os professores enquanto os mesmos implementam as suas próprias tarefas. No final do PDP, os professores apresentam um portefólio com uma reflexão crítica sobre a formação, as propostas de tarefas a implementar, bem como as evidências das atividades desenvolvidas, em aula, com os respetivos alunos.

Neste artigo, usamos uma metodologia qualitativa de natureza interpretativa recorrendo a estudos de caso (COHEN; LAWRENCE; KEITH, 2007). Um estudo de caso consiste numa investigação empírica que observa “fenómenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real” (YIN, 2001, p. 19), podendo permitir uma “generalização dos resultados” obtidos (YIN, 2001, p. 53). Neste sentido, iremos considerar estudos de caso de professores que participaram num PDP, que ilustram a forma como implementaram tarefas interdisciplinares em aula.

Recolha de dados

Os dados deste artigo foram recolhidos durante três anos letivos: 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018. A recolha de dados resultou de questionários, observação participante (realizada pela 1.^a autora deste artigo), entrevistas semiestruturadas, grupo focal e os portfolios escritos pelos professores no âmbito da sua participação neste PDP (COHEN; LAWRENCE; KEITH, 2007).

Na 1.^a sessão de formação presencial, foi aplicado um questionário escrito para caracterizar os professores, as suas motivações para o curso, conhecimentos sobre os temas abordados e o tipo de atividades experimentais que desenvolvem habitualmente com os seus alunos. A observação participante decorreu essencialmente nos workshops da formação presencial com os professores e nas visitas às respetivas aulas. Todos os dados recolhidos foram transcritos para posterior análise de conteúdo. A triangulação dos dados foi realizada em conjunto com o segundo autor deste artigo, sendo realizadas, para o efeito, várias reuniões para cruzar as perceções de ambos os autores de modo a atingir o maior rigor possível na interpretação dos dados.

Participantes

Neste artigo, seleccionámos alguns dos professores do 1.º CEB, que participaram no PDP, de forma a exemplificar as práticas interdisciplinares dos mesmos. Em particular, destacamos o estudo de caso das professoras Marta e Marina (nomes fictícios) que criaram e implementaram diversas atividades experimentais *hands-on* relacionadas com a astronomia e o som, respetivamente.

Estudos de caso

A professora Marta participou no PDP nos anos letivos 2016/2017 (50 anos de idade, 28 anos de serviço, turma do 3.º ano do 1.º CEB, com 20 alunos) e 2017/2018 (51 anos de idade, 29 anos de serviço, turma do 4.º ano do 1.º CEB, com 20 alunos). Logo no segundo relatório, apresentado no final de janeiro de 2017, as suas propostas de atividades experimentais *hands-on* foram das que mais se destacaram, facto que levou a 1.^a autora do artigo a pedir para acompanhar o seu trabalho, em aula, quer fazendo observações presenciais quer colaborando com o

planeamento das aulas. A professora desenvolveu um total de 5 sessões, sendo as 3 primeiras mais centradas na astronomia e as 2 últimas dedicadas à matemática a partir da astronomia. Os dados recolhidos, relativos a estas sessões, decorreram da observação participante com notas de campo e do portfolio apresentado pela professora. No final, das duas últimas sessões que decorreram em 5 e 26 de maio de 2017, respetivamente, foram realizadas entrevistas semiestruturadas a fim de aprofundar a recolha de dados.

A professora Marina participou no PDP nos anos letivos 2016/2017 (48 anos de idade, 27 anos de serviço, turma do 2.º ano do 1.º CEB, com 16 alunos) e 2017/2018 (49 anos de idade, 28 anos de serviço turma do 3.º ano do 1.º CEB, com 18 alunos). A professora implementou tarefas interdisciplinares relacionadas com o som durante os dois anos letivos

Análise e discussão dos dados

Analisadas as respostas do questionário, aplicado antes de iniciar a formação, verifica-se que a maioria dos professores responde que não costuma realizar atividades experimentais *hands-on* de ciências com os alunos. As exceções estão relacionadas com germinação e crescimento das plantas e uma ou outra relacionada com o som. Quanto à astronomia e eletricidade não há referências de realização de atividades experimentais *hands-on*. Uma das questões do questionário tem a ver com a interdisciplinaridade; i.e., se costumam promover a interdisciplinaridade entre as áreas curriculares lecionadas ou se as trabalham separadamente. Em geral, os professores trabalham estas áreas separadamente não sendo promovida a interdisciplinaridade. As poucas exceções estão relacionadas com as medições do crescimento das plantas (em geral o feijoeiro), aproveitando assim para trabalhar a matemática a partir de um tópico abordado em Estudo do Meio.

Para além do questionário aplicado aos professores também são promovidos grupos focais de modo a aprofundar as perceções dos professores sobre a formação e sobre as práticas habitualmente desenvolvidas. Quanto ao motivo pelo qual não costumam realizar atividades experimentais, muitos professores referem que não se sentem à vontade para trabalhar alguns conteúdos, por não terem os conhecimentos necessários para a sua implementação, quer por que não tenham sido ministrados na sua formação inicial quer por não terem tido a oportunidade de frequentar programas desta natureza.

Esta falta de conhecimentos que está relacionada com a insegurança dos professores para inovarem as suas práticas foi diagnosticada logo no início do ano letivo 2015/2016. Por exemplo, Costa e Domingos (2017) apresentam o caso da professora Luísa que manifestou falta de conhecimento de conteúdo especializado sobre eletricidade: Não sinto confiança para ensinar estes conteúdos porque não domino estes conceitos (...)” (Grupo focal, março 2016). Neste mesmo

ano letivo, a Professora Mariana também identifica este problema: “(...) falta de preparação dos professores para desenvolverem esta metodologia e a falta de conhecimentos/fundamentação científica que promove a nossa insegurança” (COSTA; DOMINGOS, 2018b).

No entanto, no final desse ano letivo a professora Mariana, tal como todas as outras que participaram na formação, reconhece a importância da formação recebida: “Adquirimos mais conhecimentos para melhorar as nossas práticas sobre o ensino das ciências junto dos alunos.” O PCK também se destaca quando refere que: “Com estas atividades práticas os alunos puderam mexer e manusear coisas e objetos, pensar, refletir, planejar, interpretar e discutir as situações estudadas” (Mariana, Relatório final, junho 2016).

Apesar de reconhecermos evolução nos conhecimentos dos professores neste 1.º ano letivo relativamente à matemática e ciências (COSTA; DOMINGOS, 2018b), quase não foram apresentados trabalhos que promovessem a interdisciplinaridade, o que levou os formadores a insistirem mais na importância de a implementar nos programas de desenvolvimento profissional seguintes. Com este objetivo também foram reforçados os exemplos de tarefas interdisciplinares para serem implementadas em aula. Os exemplos que apresentamos de seguida são de professores que participaram no PDP nos anos letivos 2016/2017 e 2017/2018. Escolhemos estes professores por terem trabalhado temas do currículo de Estudo do Meio, relacionados com STEAMH.

O caso da professora Marta

A professora Marta frequentou os dois primeiros workshops relacionados com a astronomia, realizados a 18/01/2017 e 25/01/2018. No seu relatório, após o 1.º workshop, a professora reconhece que ganhou Conhecimento de Conteúdo (SMCK) relacionados com a astronomia e a matemática, bem com pedagógico (PK) para implementar as práticas em aula:

(...) tenho a salientar novos conhecimentos que adquiri em relação a algumas características da Terra, noções matemáticas, acontecimentos históricos e teorias pedagógicas. (...) As práticas que o formador aplicou (exercício do relógio, a modelagem da Terra e da Lua, as medições) foram uma forma de demonstrar que as interações na sala de aula contribuem para um ambiente pedagógico-didático melhorando três estratégias de sala de aula: o questionar, o responder e o utilizar materiais que facilitem a compreensão (1.º Relatório, 25/01/2017).

No âmbito da sua formação, a professora Marta desenvolveu tarefas relacionadas com as STEAMH, as quais implementou com os seus alunos. Nas entrevistas, realizadas após as observações presenciais, a professora revelou que preparou as lições sobre a modelação do Sistema Solar a partir dos conhecimentos adquiridos nos workshops dedicados à astronomia. Além disso, informou que também recorreu à internet para encontrar informações sobre o diâmetro do Sol, bem como sobre o diâmetro dos planetas, o seu raio orbital e velocidade relativamente ao Sol. Para

promover a aprendizagem dos alunos também recorreu a vídeos sobre o Sistema Solar. Na tabela 2 apresentamos um resumo dos conteúdos, relacionados com as tarefas implementadas pela professora Marta, destacando Ciências, Tecnologia, Artes, Matemática e Património. Nesta tabela não incluímos a Engenharia porque no nosso entender a Engenharia aparece na implementação de todas as tarefas por exemplo desde o planeamento à execução da modelação do Sistema Solar.

Tabela 2. Conteúdos das tarefas implementadas pela professora Marta

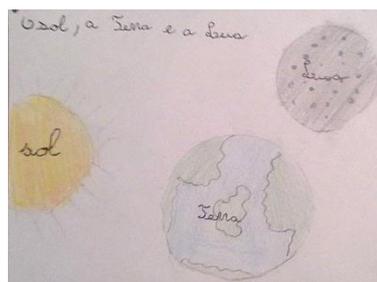
Ciências	Tecnologia	Artes	Matemática	Património
Astronomia: Sistema Solar.	Computador, Internet, video, Wikipedia.	Desenhar e pintar as ideias e percepções sobre o Sistema Solar. Desenhar e pintar o Sol e os planetas maiores. Modelar os planetas com plasticina. Teatro representando o Sistema Solar para a comunidade.	A partir de um mapa local, usar a sua escala para descobrir por onde passam as órbitas dos planetas e decidir onde os colocar. Trabalhar escalas, distâncias e tamanhos relativos. Movimentos de rotação e de translação.	Investigar a existência de monumentos inseridos no património local e descobrir informação sobre os mesmos.

No decorrer do ano letivo 2016/2017, Marta planeou e implementou 5 aulas relacionadas com o Sistema Solar. Na 1.^a sessão, a professora começou por solicitar aos alunos representações visuais dos seus conhecimentos, sobre a relação entre o tamanho do Sol, da Lua e da Terra; bem como o trajeto do movimento da Terra à volta do Sol, o local onde o Sol nasce e onde se põe e, ainda, identificar o Polo Norte e o Polo Sul no globo terrestre, entre outras (Figura 3).

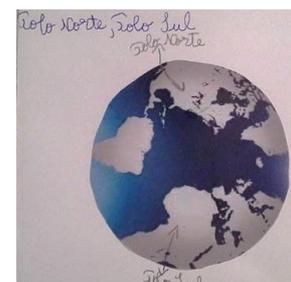
Figura 3: Percepções dos alunos sobre a Terra, a Lua e o Sistema Solar.



“O Sol põe-se e nasce no mesmo sítio”



“A Terra é maior porque tem muitas pessoas.”



“O Polo Norte é em cima e o Polo Sul é em baixo.”

Fonte: Relatório final da Professora.

As duas sessões seguintes procuraram ensinar conteúdos relacionados com este tema, de forma a corrigir as percepções incorretas que foram diagnosticadas na 1.^a sessão (Figura 3). Foram também visualizados filmes tais como: <https://www.youtube.com/watch?v=7jkCIRdvGIg>.

Para preparar as primeiras lições, a Marta usou Conhecimento de Conteúdo (SMCK) relacionado com Ciências (Sistema Solar). Também usou Conhecimento Tecnológico (TK) para encontrar informação sobre o Sol e os planetas, bem como para promover a aprendizagem sobre

o mesmo. As artes foram usadas logo na 1.^a sessão quando pediu aos alunos para desenharem as suas percepções sobre o tema abordado. A forma como a Marta transformou o seu SMK de modo a adequá-lo aos seus alunos, de forma a promover a aprendizagem significativa, revela PCK (SHULMAN, 1968, MISHRA *et al.*, 2006). Em resumo, para preparar as suas primeiras lições, a Marta revelou PCK relacionado com as Ciências, Tecnologia e Artes.

Na 4.^a sessão, a Marta conduziu a modelação do Sistema Solar. Os alunos foram organizados em grupos de quatro. O Sol, com 50 cm de diâmetro, foi desenhado numa cartolina amarela. De seguida, foi recortado um retângulo com 15 cm × 110 cm, em papel branco, para colocar os planetas. A cada grupo foi entregue uma ficha de trabalho com instruções.

A professora começou por pedir aos alunos para marcarem as distâncias, relativas aos raios das órbitas dos planetas, no retângulo recortado, de acordo com os dados indicados na tabela que integra a ficha de trabalho. De seguida, passou-se à modelação dos mesmos. Os planetas foram construídos pelos alunos, respeitando a escala e as cores indicadas na tabela da ficha. Os planetas mais pequenos foram modelados com plasticina de acordo com as cores indicadas. Os maiores, como é o caso de Júpiter e Saturno, foram desenhados num papel com a ajuda de um compasso e posteriormente pintados de acordo com a cor indicada (Figura 4).

Figura 4: Marcação dos raios das órbitas e modelação dos planetas.



Fonte: Observação da aula (fotos da primeira autora).

O diálogo seguinte mostra a forma como a professor conduziu as tarefas:

- Professora:** Vamos começar por construir os planetas maiores. Quais são eles?
Estudante 1: Júpiter e Saturno.
Professora: Qual é o seu diâmetro? [A professora desenha um círculo no quadro e traça o diâmetro.]
Estudante 1: Não sei!
Professora: Vê na tabela que te dei!
Estudante 1: Oh! Júpiter tem 6 cm e Saturno tem 5 cm.
Professora: Se Júpiter tem 6 cm de diâmetro, vão abrir o compasso em quanto?
Estudante 2: 6 cm.
Professora: Não! 6 cm é o diâmetro. [a professora volta ao quadro para explicar o que é o diâmetro] Oh Carolina, se vais traçar a circunferência vais traçá-la do tamanho do diâmetro?!
Estudante 2: Ah! Do raio! 3 cm.
Professora: Muito bem!

O diálogo acima exemplifica a forma como a Marta integrou Ciências, Artes e Matemática na mesma tarefa e como foi capaz de transformar conhecimento especializado para ensinar, o que mostra novamente PCK agora relacionado com Ciências, Arte e Matemática. Tal como referido por Shulman (1986), o Conhecimento Pedagógico inclui todas as formas de representar e formular os tópicos, de forma a torná-los compreensíveis para os alunos.

A 5.^a sessão foi realizada duas semanas mais tarde no ginásio da escola e visava analisar a velocidade de cada planeta e o tempo que demoram a dar uma volta em torno do Sol. Por limitações de espaço não podemos exemplificar, neste artigo, a forma como as atividades foram conduzidas.

Por fim, no ano letivo seguinte, por sugestão da 1.^a autora deste artigo, a professora planeou e implementou a modelação do Sistema Solar à escala, com o Sol com 1 m de diâmetro colocado na escola, e os planetas na região onde se insere a escola. Para escolher os locais onde colocar os planetas, de acordo com a sua distância orbital ao Sol, os alunos tinham que procurar no património da sua localidade monumentos ou locais que se encontrassem nas órbitas dos planetas. Uma vez identificados os locais deviam estudá-los e, por fim, escolher onde queriam colocar os planetas.

No final do ano letivo, a Marta apresentou o trabalho desenvolvido com os seus alunos a toda a comunidade, incluindo os pais das crianças, numa conferência intitulada “Partilha de Boas Práticas no ensino experimental das ciências”. Nesta conferência, os seus alunos fizeram um teatro que representava a modelação do sistema solar, onde mostraram as suas aprendizagens relacionadas com este tema (http://www.academiacap.ipt.pt/pt/eventos/o_que_ja_fizemos/168/).

No relatório final, apresentado a 2/06/2017, Marta refere a interdisciplinaridade desenvolvida nas tarefas implementadas:

(...) as atividades que desenvolvi com os meus alunos tiveram uma relação com todas as áreas disciplinares (interdisciplinaridade): Matemática, no que respeita aos domínios dos Números e Operações, Geometria e Medida e Organização e tratamento de dados; Português, na construção de textos; Expressões, no que respeita à moldagem e à pintura; Estudo do Meio, onde foram abordados conteúdos programático relacionado com o Sistema Solar e “À Descoberta dos Materiais e Objetos” e Cidadania que visou contribuir para a formação de pessoas responsáveis, autónomas, que conhecem e exercem os seus deveres em diálogo e no respeito pelos outros.

Em resumo, verifica-se que a professora Marta adquiriu conhecimento de conteúdo da matéria a ensinar (SMCK) relacionado com a astronomia e matemática. Além disso, adquiriu capacidade para implementar diversas atividades interdisciplinares relacionadas com as STEAMH, e incluídas nos conteúdos curriculares do 1.º CEB, revelando domínio do PCK. A forma como ela organizou, sistematizou e modificou os tópicos individuais dos conhecimentos das matérias para ensinar revela PCK (AN, 2017).

O caso da professora Marina

A professora Marina participou no PDP (anos letivos 2016/2017 e 2017/2018) e escolheu o tópico do som para trabalhar com os seus alunos. Em conjunto com os restantes professores, Marina frequentou o workshop dedicado ao som a 15/02/2017, onde teve oportunidade de aprender conteúdos relacionados com esta temática e de praticar diversas experiências *hands-on*.

A condução deste workshop esteve a cargo de professores especializados na área da engenharia eletrotécnica que criaram protótipos para reproduzir e visualizar o som, bem como para medir a sua intensidade e frequência. Também foram usados recursos tecnológicos como por exemplo vídeos, ou *software* gratuito como é o caso do *Sound Meter* que pode ser usado em telemóveis e permite medir a intensidade do som em decibéis.

Em aula com os alunos, a professora introduziu o tema com a seguinte questão: “O que é o Som?”. De seguida, pediu aos alunos para desenharem o que achavam que era o som. Alguns destes desenhos encontram-se na figura 5.

Figura 5: Algumas percepções dos alunos sobre o som.



Fonte: Relatório final da Professora.

Depois de recolhidas as opiniões dos alunos, a professora conduziu os mesmos na procura de respostas às questões colocadas, recorrendo aos seus dicionários e à internet. Por exemplo, na *Wikipédia* aparece a seguinte definição: “É uma onda longitudinal que se propaga de forma circuncêntrica em meios materiais (sólidos, líquidos ou gasosos)”. Apesar de esta não ser uma definição adequada a alunos deste nível de escolaridade, o objetivo foi o de desenvolver práticas investigativas com os alunos. Este aspeto mostra que a professora adquiriu SMCK suficiente para desenvolver este tipo de tarefas. Além disso, a professora mostrou algumas imagens e vídeos que ilustravam a propagação do som como uma onda, de forma a dar significado à definição anterior. Ora esta preocupação de dar significado à definição anterior está relacionada com o PCK da professora que se preocupa em tornar o conhecimento acessível aos seus alunos.

Após mais alguma discussão de ideias sobre o que é o som, colocaram-se mais questões tais como: Para que serve o som? Como se produz? O que produz o som? Novamente, ouvidas as opiniões dos alunos, passou-se à discussão e investigação no sentido de obter respostas para as

questões colocadas. De seguida, foi construído um protótipo (cujo guião foi disponibilizado no workshop sobre o Som) que permite “visualizar” o som da voz (Figura 6).

Figura 6: Protótipo de visualização do som.



Fonte: Fotos da 1.ª autora e relatório final da Professora.

Após mais algumas experiências para introduzir este tema, passou-se à medição da frequência do som (em hertz) e da intensidade (em decibéis), recorrendo a equipamentos e *softwares* tais como o *Sound Meter*. Um exemplo da medição da intensidade do som, com um dos alunos da turma, encontra-se na tabela 3. Esta medição foi realizada por todos os alunos da turma e o resultado final encontra-se na tabela 4.

Tabela 3 - Registo de medições em decibéis do som provocado por um dos alunos da turma.

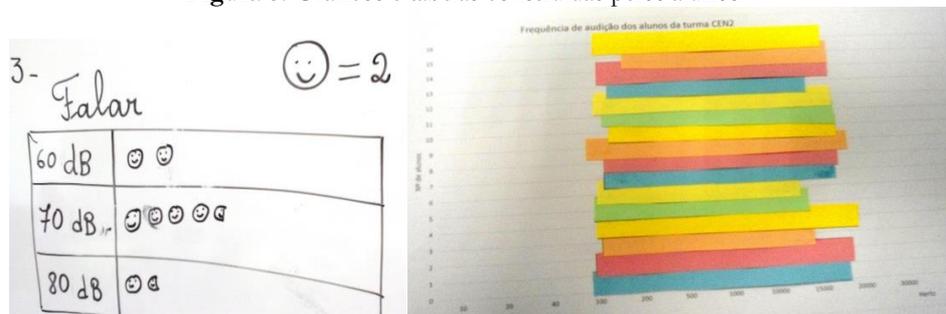
Ações Decibéis	Sussurrar	Falar	Rir	Chorar	Gritar	Cantar	Bater Palmas
40	X						
50							
60		X					
70							X
80			X	X	X	X	

Tabela 4 - Resultado das medições do som em decibéis, de todos os alunos da turma.

	30	40	50	60	70	80	90
Sussurrar	0	12	4	0	0	0	0
Falar	0	0	0	4	9	3	0
Rir	0	0	0	0	0	16	0
Chorar	0	0	3	13	0	0	0
Gritar	0	0	0	3	8	5	0
Cantar	0	0	0	4	8	4	0
Bater palmas	0	0	0	0	16	0	0

Com os registos obtidos, a partir das medições realizadas com cada um dos alunos, foram construídos gráficos (Figura 7). No primeiro, cada “cara” representa dois alunos que registaram aquela intensidade de som (em decibéis) enquanto falavam. No segundo, estão representadas as frequências de audição dos alunos (em hertz) no eixo horizontal e o número de alunos no eixo vertical, correspondendo cada retângulo colorido às frequências de audição de cada um dos alunos.

Figura 7: Gráficos e tabelas construídas pelos alunos.



Fonte: Relatório final da Professora.

Por fim, foram ainda realizados vários problemas, envolvendo cálculos a fim de trabalhar no contexto da matemática. No relatório final, apresentado pela professora Marina em junho de 2017, esta reconhece que é possível trabalhar outros conteúdos a partir do som, fazendo uma abordagem transversal e destacando que:

As atividades práticas implementadas (...) permitiram verificar que é possível fazer uma abordagem transversal de conteúdos, relacionando a matemática, o estudo do meio, a expressão musical e dramática, e revelaram que os alunos se motivam e empenham com muito mais facilidade neste tipo de tarefas.

No mesmo relatório, Marina também refere inovações na aquisição de PCK e SMCK, reconhecendo que esta formação irá melhorar o seu desenvolvimento profissional:

Saliento que a ação de formação contribuiu para a aquisição de novos conhecimentos que me permitirão melhorar o desempenho profissional e ter um impacto positivo na sala de aula, proporcionando aos alunos experiências diversificadas de aprendizagem e o desenvolvimento de competências científicas.

No ano letivo seguinte (2017/2018), a professora Marina continuou o trabalho desenvolvido no ano anterior. Depois de explicar que as etiquetas dos eletrodomésticos, para além do consumo energético, entre outras informações, incluem o ruído por eles produzido em decibéis, solicitou aos alunos que procurassem o ruído produzido pelos seus eletrodomésticos em casa e que recolhessem a informação para partilhar com os colegas. Mais uma vez por limitações de espaço não podemos exemplificar como a professora implementou este trabalho com os seus alunos.

A professora Marina foi inovadora, no sentido em criou tarefas interdisciplinares relacionadas com o tópico do som que não integram os mediadores curriculares habitualmente usados. Tal como a professora Marta, também adquiriu SMCK para implementar as tarefas e as apresentar aos colegas no âmbito da conferência “Partilha de Boas Práticas no ensino experimental

das ciências”. Além disso, a forma como as tarefas foram conduzidas em aula revela que também adquiriu PCK.

No entanto, Marina não trabalhou o Património a partir do som. Mas a inovação da prática dos professores demora tempo (Murphy *et al.*, 2015), sendo necessário continuar a promover o seu desenvolvimento profissional e apoiá-los de forma a que construam SMK e PCK suficiente para ganharem motivação e confiança para inovarem. E é exatamente este trabalho que vamos continuar a desenvolver incentivando os professores a continuarem a inovar as suas práticas.

Neste sentido, continuamos a acompanhar os professores no desenvolvimento de tarefas interdisciplinares. Quanto ao Património relacionado com o som, algumas das propostas dos formadores para a professora implementar são as seguintes: Investigar a intensidade do som nos monumentos locais e nacionais. Para esta tarefa talvez seja necessário contar com a colaboração dos pais para instalarem o *Sound Meter* no respetivo telemóvel e fazerem as medições em visitas aos monumentos. Por sua vez, os professores também podem fazer recolha de medições nestes locais para também trabalharem com os alunos. A tabela 5 resume algumas das tarefas realizadas pela professora Marina e, também, as ideias propostas pelos formadores para trabalhar o Património.

Tabela 5. Conteúdos das tarefas relacionadas com o som

Ciências	Tecnologia	Artes	Matemática	Património
Som.	Computador, Internet, vídeo, <i>Wikipedia</i> <i>Sound Meter</i> .	Fazer desenhos e criar protótipos de reprodução do som. Expressão Musical.	Fazer medições, análise e tratamento de dados.	Procurar monumentos ligados ao património e descobrir informação relacionado com os mesmos.

Tal como exemplificado acima, ensinar é uma prática profissional que vai muito para além do que é visível no currículo (BALL, 2003). Para além de conhecimento especializado sobre os conteúdos a ensinar (SMCK), cabe ao professor saber como transmitir este conhecimento aos seus alunos (PCK). De facto, ensinar requer interpretar, justificar, generalizar e definir, requer saber as ideias e os procedimentos em detalhe e sabê-los suficientemente bem para os representar e explicá-los com habilidade e eficácia de diferentes formas (BALL, 2003).

Considerações finais

Neste artigo, procurámos desenvolver um estudo anterior sobre a integração das STEAMH (COSTA; DOMINGOS, 2018a, 2018c) com o objetivo de responder à seguinte questão: como se caracteriza o conhecimento necessário para promover a interdisciplinaridade? A partir do enquadramento proposto por Costa e Domingos (2018c), resumido na figura 2, apresentámos

estudos de caso de professores que implementaram tarefas interdisciplinares relacionadas com as STEAMH.

As principais conclusões são em primeiro lugar sobre a necessidade de Conhecimento de Conteúdo sobre os tópicos a integrar (SMCK). De facto, sem este conhecimento, nomeadamente conhecimentos especializados sobre os conteúdos, dificilmente os professores irão inovar as suas práticas (COSTA; DOMINGOS, 2017). Uma vez munidos deste conhecimento torna-se necessário Conhecimento Pedagógico (PCK) para transformar os conhecimentos de conteúdo obtidos de modo a transformá-los tornando-os acessíveis aos alunos (e.g., MISHRA *et al.*, 2006).

Nos estudos de caso apresentados verificámos que com o apoio dos formadores no decorrer da formação, os professores foram capazes de desenhar e implementar, em aula, tarefas relacionadas com as STEAMH (Tabelas 2 e 5). Para atingir estes resultados defendemos a necessidade de conhecimento especializado relacionado com os tópicos a integrar. No entanto, para a eficácia da implementação das tarefas em aula, de modo a torná-las significativas para os alunos também é fundamental PCK. De facto, nos casos apresentados as professoras usaram SMCK relacionados com os conteúdos das STEAMH e transformaram-no para ensinar de modo a torná-lo compreensível para os alunos tal como defendido por vários autores (AN, 2017; BALL *et al.*, 2008; MISHRA *et al.*, 2006; SHULMAN, 1986), o que revela Conhecimento Pedagógico.

As professoras, Marta e Marina, adquiriram SMCK sobre as ciências (astronomia e som), TK usando *software* e recorrendo à internet (TK) para preparar as lições a ministrar aos alunos e, principalmente PCK. Elas revelaram capacidade para recolher informação do currículo, pesquisar conteúdos para ensinar que não se encontram nos livros escolares e, principalmente, habilidade para adequar o SMCK a ensinar de modo a tornar-se acessível aos seus alunos, revelando Conhecimento Pedagógico. De facto, tal como refere An (2017), os tópicos individuais das matérias a ensinar foram sistematizados, modificados e exemplificados no ensino em aula (PCK).

Com a formação recebida, as duas professoras aumentaram os seus conhecimentos de conteúdo e pedagógico, adquirindo capacidade para criar e implementar atividades experimentais que não faziam parte das suas práticas habituais. Verificámos que as professoras, em estudo, adquiriram conhecimentos para inovar as suas práticas, no sentido em que estas foram apropriadas pelas professoras que mostraram autonomia para as implementar com os seus alunos. De facto, segundo Zehetmeier *et al.* (2015) as inovações devem ser apropriadas pelos professores e transformadas na sua própria prática.

Concluimos que com o acompanhamento adequado dos formadores, os professores em estudo ganharam conhecimento relacionado com as STEAMH de modo a conseguirem propor tarefas que integram estes conteúdos. Além disso, os professores tiveram a capacidade de

transformar o SMCK adquirido de forma torná-lo acessível aos seus alunos através do planeamento e implementação de diversas atividades experimentais *hands-on* que foram conduzidas de forma a que os alunos se envolvessem nas mesmas experimentando e tirando conclusões. Este último aspeto retrata a importância do PCK que permite tornar o SMCK significativo para os alunos. Deste ponto de vista, apesar de reconhecermos que sem adquirirem o SMCK relacionados com os conteúdos a lecionar os professores não vão inovar as suas práticas (COSTA; DOMINGOS, 2018b), também reconhecemos a importância de adquirirem o PCK para tornar este conhecimento acessível aos seus alunos promovendo a aprendizagem significativa.

Para implementar atividades experimentais interdisciplinares concluímos ser necessário adquirir conhecimento especializado relacionado com os conteúdos a ensinar (SMCK), mas, não menos importante, é fundamental ter conhecimento pedagógico para tornar os conteúdos acessíveis e significativos para os alunos promovendo assim a sua aprendizagem.

Agradecimentos

Este trabalho é suportado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P., no contexto do projeto PTDC/CED-EDG/32422/2017

Referências

ABD-EL-KHALICK, F. Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. **Science & Education**, v. 22, n. 9, p. 2087-2107, 2013.

ABRAHAM, I.; REISS, M. J.; SHARPE, R. The impact of the getting practical: Improving practical work in science continuing professional development programme on teachers' ideas and practice in science practical work. **Research in Science & Technological Education**, v. 32, n. 3, p. 263-280, 2014.

AN, S. A. Preservice teachers' knowledge of interdisciplinary pedagogy: the case of elementary mathematics–science integrated lessons. **ZDM**, v. 49, n. 2, p. 237-248, 2017.

BALL, D. L. *Mathematics in the 21st century: What mathematical knowledge is needed for teaching mathematics*. Paper presented at the Secretary's Summit on Mathematics, U.S. Department of Education, Washington, DC, 2003.

BALL, D. L., THAMES, M. H., & PHELPS, G. Content knowledge for teaching what makes it special? **Journal of teacher education**, v. 59, n. 5, p. 389-407, 2008.

BAKER C K, GALANTI T M. Integrating STEM in elementary classrooms using model-eliciting activities: responsive professional development for mathematics coaches and teachers. **International Journal of STEM Education**, v. 4, n. 1, p. 1-15, 2017.

Baxter, J. A., Ruzicka, A., Beghetto, R. A., & Livelybrooks, D. (2014). Professional development strategically connecting mathematics and science: The impact on teachers' confidence and practice. *School Science and Mathematics, 114*(3), 102-113.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições, 70, 2010.

BROWN, S. The 'Curriculum for Excellence': a major change for Scottish science education. *School Science Review*, v. 9, n. 352, p. 30-36, 2014.

BUCZYNSKI, S.; HANSEN, C. B. Impact of professional development on teacher practice: Uncovering connections. **Teaching and Teacher Education**, v. 26, n. 3, p. 599-607, 2010.

COHEN, L., LAWRENCE, M., & KEITH, M. *Research Methods in Education*. 6th Edition, 2007. Taylor and Francis Group.

COSTA, M. C.; DOMINGOS, A. Innovating teachers' practices: potentiate the teaching of mathematics through experimental activities. In CERME 10: Dooley, T., & Gueudet, G. (Eds.) (2017). *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 10, February 1-5, 2017, pp. 2828-2835)*. Dublin, Ireland: DCU Institute of Education and ERME.

COSTA, M. C.; DOMINGOS, A. Promoting STEAMH at primary school: a collaborative interdisciplinary project. **New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences**, v. 4, n. 8, p. 234-245, 2018a.

COSTA, M. C.; DOMINGOS, A. Qual o conhecimento para implementar o ensino experimental das ciências? *Revista de Educação, Ciências e Matemática*. v. 8, n. 1, p. 51-72, 2018b.

COSTA, M. C.; DOMINGOS, A. (2018c). *What knowledge is necessary to promote interdisciplinarity in primary school?* In WCLTEL (9th World Conference on Learning, Teaching and Educational Leadership, 26-28 outubro de 2018): Roma, Itália.

ENGLISH, L. D. Advancing Elementary and Middle School STEM Education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 15, n. 1, p. 5-24, 2017.

FITZALLEN, N. STEM Education: What does mathematics have to offer? **Mathematics Education Research Group of Australasia**, p. 237-24, 2015

GILLIES, R. M.; NICHOLS, K. How to support primary teachers' implementation of inquiry: Teachers reflections on teaching cooperative inquiry-based science. **Research in Science Education**, v. 45, n. 2, p. 171-191, 2015. doi:10.1007/s11165-014-9418-x

GROSSMAN, P. L. *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press, 1990.

HEWSON, P.W. Teacher Professional Development in Science. In Abell, S. K., & Lederman, N. G., **Handbook of research on science education**. New York: Routledge, 2007, p. 1177-1203.

KIM, D.; BOLGER, M. Analysis of Korean Elementary Pre-Service Teachers' Changing Attitudes About Integrated STEAM Pedagogy Through Developing Lesson Plans. **International Journal of Science and Mathematics Education**, p. 1-19, 2016.

KOEHLER, M., MISHRA, P.; CAIN, W. What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? **Journal of Education**, v. 193, n. 3, 2013.

LUFT, J.; HILL, K.; NIXON, R.; CAMPBELL, B.; DUBOIS, S. The knowledge needed to teach science: Approaches, implications, and potential research. In *annual meeting of ASTE. Portland, OR*, 2015.

MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Cess-Newsome & N. G.Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Springer, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 1999.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (sem data) Programa de Estudo do Meio para o ensino básico - 1.º Ciclo. Lisboa: Departamento da Educação Básica. Ministério da Educação. Acedido através de <http://www.dge.mec.pt/estudo-do-meio>.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers college record**, v. 108, n. 6, 2006.

MORGAN, D. L. (1997). *The focus group guidebook* (Vol. 1). Sage publications.

MURPHY, C.; SMITH, G.; VARLEY, J.; RAZI, Ö. (2015). Changing practice: An evaluation of the impact of a nature of science inquiry-based professional development programme on primary teachers. **Cogent Education**, v. 2, n. 1, p. 1077692.

OECD (2014). *Education at a glance 2014: OECD indicators*. OECD Publishing doi: 10.1787/eag-2014-en. Accessed September 18, 2017.

PARK, S.; OLIVER, J. S. Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. **Research in science Education**, v. 38, n. 3, p. 261-284, 2008.

RÍORDÁIN, M. N.; JOHNSTON, J.; WALSHE, G. Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 47, n. 2, p. 233-255, 2016.

ROCARD, M.; CSERMELY, P.; JORDE, D.; LENZEN, D.; WALBERG-HENRIKSSON, H.; HEMMO, V. *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Bruxelas, 2007: Comissão Europeia.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e métodos (Tradução de Daniel Grassi - 2.ª Ed). Porto Alegre: Bookman, 2001.

YOUNG, M. Para que servem as escolas. **Educação e Sociedade**, v. 28 n. 101, p. 1287-1302, 2007.

YOUNG, M. From constructivism to realism in the sociology of the curriculum. **Review of research in education**, v. 32, n. 1, p. 1-28, 2008.

YOUNG, M. The future of education in a knowledge society: The radical case for a subject-based curriculum. **Journal of the Pacific Circle Consortium for Education**, v. 22, n. 1, p. 21-32, 2010.

ZEHETMEIER, S., ANDREITZ, I., ERLACHER, W., & RAUCH, F. Researching the impact of teacher professional development programmes based on action research, constructivism, and systems theory. **Educational action research**, v. 23, n. 2, p. 162-177, 2015.