

Desenvolvimento profissional para a integração da tecnologia no ensino da Matemática: em busca de teorias pragmáticas – Professional development for the integration of technology in the teaching of Mathematics: in search of pragmatic theories

Helena Rocha^{1*}, Eleonora Faggiano^{2*}, Ana Isabel Sacristán^{3*}, Marisol Santacruz Rodríguez^{4*}

¹CICS.NOVA, Universidade NOVA de Lisboa – Portugal, hcr@fct.unl.pt

²Università di Bari Aldo Moro – Itália, eleonora.faggiano@uniba.it

³Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) – México, asacrist@cinvestav.mx

⁴Universidad del Valle – Colômbia, marisol.santacruz@correounivalle.edu.co

*Todas as autoras contribuíram igualmente para este trabalho

Resumo. *Este artigo apresenta parte de um estudo que visou tornar mais explícitas as teorias pragmáticas que informam a conceção de programas de desenvolvimento profissional com ênfase na integração das tecnologias digitais nas práticas de professores de matemática. A análise efetuada teve por base um conjunto de projetos considerados representativos e implementados em quatro países – Colômbia, Itália, México e Portugal. A partir desta análise identificamos elementos relevantes (por exemplo, semelhanças e diferenças, barreiras e oportunidades) e desenvolvemos recomendações a ter em conta em futuras elaborações de programas de desenvolvimento profissional. No decurso deste processo identificámos um conjunto de aspetos e sub-aspetos, bem como várias interconexões entre estes, que emergiram em relação a cinco temas principais e permitiram revelar as nossas teorias pragmáticas. Este trabalho oferece assim uma estrutura base para apoiar programas futuros de desenvolvimento profissional de professores de matemática relativamente ao uso da tecnologia digital.*

Abstract. *This paper presents part of a study that aimed to make more explicit the pragmatic theories that inform the design of professional development programs with an emphasis on the integration of digital technologies in the practices of mathematics teachers. The analysis carried out was based on a set of projects considered representative and implemented in four countries – Colombia, Italy, Mexico and Portugal. Based on this analysis, we identify relevant elements (e.g., similarities and differences, barriers and opportunities) and develop recommendations to be taken into account in the design of future professional development programs. In this process, we identified a set of aspects and sub-aspects, as well as several interconnections between them, which emerged in relation to five main*

themes and allowed us to reveal our pragmatic theories. Thus, this work provides a framework to support the design of future projects for the professional development of mathematics teachers regarding the use of digital technology.

Palavras-chave: desenvolvimento profissional; educação matemática; uso da tecnologia; teoria.

Introdução

É amplamente reconhecida a relevância do professor para o processo de ensino aprendizagem, bem como a importância do seu desenvolvimento profissional. Esta importância é igualmente reconhecida relativamente ao uso que o professor faz das tecnologias digitais (Rocha, 2020). E se é verdade que muita atenção tem sido dada ao uso que os professores fazem destas tecnologias e ao conhecimento e às práticas associadas a esse uso, é igualmente verdade que a mesma atenção não tem sido dada aos programas de desenvolvimento profissional e às características de um programa que promova uma integração bem sucedida (Rocha & Palha, 2021).

Com este estudo pretendemos tornar explícitas as teorias na base de programas de desenvolvimento profissional do professor de Matemática visando a integração de tecnologias digitais na sua prática letiva no âmbito do ensino, da aprendizagem e da avaliação. A estas teorias, que efetivamente estão na base dos programas de desenvolvimento profissional, chamaremos de *teorias pragmáticas*.

Atualmente não existe uma teoria global e abrangente de suporte ao *design* de programas de desenvolvimento profissional (Clark-Wilson & Hoyles, 2019). Existem diversos estudos com contributos importantes e que disponibilizam um significativo leque de conhecimentos (por exemplo, Kennedy, 2016; Powell & Bodur, 2019; Rocha & Palha, 2021; Cusi *et al.*, 2020), mas falta uma conexão entre estes, que lhes permita dar a forma de uma teoria unificadora que possa nortear a conceção de futuros programas de desenvolvimento profissional. Neste estudo centramo-nos na análise de um conjunto de iniciativas de desenvolvimento profissional, fundamentalmente de larga escala, implementadas nos nossos países. A partir desta análise procuramos contribuir para o desenvolvimento de um quadro teórico abrangente, identificando os aspetos mais pertinentes, tal como ilustrado pelos exemplos considerados. Esses exemplos consistem em dois ou três projetos implementados em cada um dos nossos países: Colômbia, Itália, México e Portugal. A intenção do nosso estudo é desenvolver o que designamos de *teoria pragmática*, que esperamos que possa constituir um contributo para estruturar os

programas de desenvolvimento profissional, preparando os professores de Matemática para as tecnologias digitais e promovendo a efetiva integração destas.

Os projetos

Como base para a nossa análise escolhemos um conjunto de projetos que considerámos significativo pela importância que tiveram em cada um dos países, seja pela dimensão que assumiram, seja pelo *design* ou pelo impacto que tiveram.

Relativamente à Colômbia, selecionamos três projetos nacionais de desenvolvimento profissional com objetivos variados: o INTC – *Incorporación de Nuevas Tecnologías al Currículo de Matemáticas de la Educación Básica y Media de Colombia* (1998-2004), o CIER – *Centros de Innovación Educativa Regional* (2013-2015) e o CPE – *Computadores para Educar* (iniciado em 2014 e ainda em curso). O INTC procurou integrar o uso das tecnologias digitais nas aulas de matemática do ensino secundário. O CIER teve como foco diversificar os usos criativos das tecnologias digitais no ensino nas escolas (incluindo matemática) e apoiar as capacidades tecnológicas de cada região do país. O CPE pretendeu fornecer ferramentas tecnológicas, capacitação e apoio às comunidades educacionais, de forma ambientalmente consciente, por meio do reaproveitamento de equipamentos descartados de outros setores.

Pela Itália, escolhemos o projeto m@t.abel (2005-2012), lançado e apoiado pelo Ministério da Educação italiano e desenvolvido em colaboração com investigadores universitários. Este projeto consolidou várias comunidades de prática, com uma mistura entre atividade de formação de professores e experimentação em sala de aula, visando oferecer infraestruturas (uma plataforma online e materiais de apoio) e suporte tutorial especializado. Com base na experiência do m@t.abel, um outro projeto (online), DiFiMa – *Didattica della Fisica e della Matematica* (iniciado em 2008 e ainda em curso), foi implementado na Universidade de Turin, com o objetivo de envolver professores de matemática e física em todo o país, através do uso de uma plataforma online. Esta plataforma é usada para formar professores voluntários, que posteriormente disponibilizam apoio tutorial a colegas locais, permitindo alcançar uma escala de dimensão nacional. Deste programa de desenvolvimento profissional fazem parte materiais didáticos com orientações e suporte a distância e, mais recentemente, alguns Massive Open Online Courses (MOOCs), tal como conceptualizados por Aldon *et al.* (2019).

Relativamente ao México, escolhemos dois projetos implementados a nível nacional e um outro implementado a nível local que decorreram no início do séc. XXI e foram significativos pelo seu impacto. O projeto EMAT – *Enseñanza de la Ciencia y las Matemáticas com Tecnologia* (1998-2007), com ênfase no 3.º ciclo, foi um dos projetos nacionais. O outro, foi o projeto *Enciclomedia* (2002-2007), com foco nos anos iniciais da escolaridade. O projeto local, aqui designado por M.Ed. (2005-2009), consistiu num mestrado de desenvolvimento profissional implementado por uma universidade. Qualquer dos projetos nacionais visava a integração da tecnologia nas escolas e incluía o acompanhamento da formação de professores, no entanto, as suas conceções e *designs* eram radicalmente diferentes. O projeto EMAT foi cuidadosamente concebido por investigadores e pressupunha uma integração gradual e progressiva (Sacristán & Rojano, 2009). Já o projeto Enciclomedia decorreu de uma decisão política visando a conceção de livros digitais acompanhados por aplicativos interativos. O programa M.Ed. envolveu cerca de 100 professores em exercício e foi implementado a pedido do governo de um estado (Sacristán, Sandoval & Gil, 2011). Uma descrição mais detalhada destes projetos encontra-se disponível em Trouche *et al.* (2012).

Quanto a Portugal, seleccionámos três projetos de desenvolvimento profissional com impacto significativo nas escolas portuguesas: o projeto MINERVA – *Meios Informáticos no Ensino: Racionalização, Valorização, Atualização* (1985-1994), o PA – Programa de Acompanhamento da implementação do novo programa de Matemática do ensino secundário (1998-2001) e o PM – Plano da Matemática (2006-2012). O projeto MINERVA foi o primeiro grande projeto português com foco na tecnologia, e com o objetivo de integrar a tecnologia no ensino e na aprendizagem de todas as disciplinas e em todos os níveis de escolaridade (Ponte, 1994). O PA pretendeu promover as discussões dos professores sobre as suas práticas, abordando nomeadamente o papel dos alunos e a utilização de novos materiais e recursos, onde a tecnologia era um elemento importante (Teixeira, 2004). O PM era um programa nacional com inscrição voluntária de professores, com o objetivo de melhorar os resultados dos alunos com base numa mudança na prática dos professores, onde a tecnologia geralmente era um elemento importante. A característica específica do PM foi o reconhecimento do papel dos professores, cabendo a eles a criação de pequenas comunidades de prática e a decisão sobre o enfoque específico de cada uma dessas comunidades (GTM, 2019).

Temas e aspetos sugeridos pela análise dos projetos – um breve olhar

A análise dos projetos partiu do trabalho de Tondeur *et al.* (2012). Os autores focam-se na preparação de professores para integrar tecnologias nas suas aulas, identificando temas e condições determinantes a partir de uma revisão de literatura sistemática. Paralelamente considerámos aspetos ao nível do conhecimento profissional do professor. Assim, apoiámo-nos em domínios do modelo do *Conhecimento para Ensinar Matemática* (MKT) de Ball, Thames e Phelps (2008) para analisar, por exemplo, questões ligadas ao currículo e aos programas; e apoiámo-nos em domínios do modelo do *Conhecimento Pedagógico da Tecnologia para a Matemática* (MPTK), desenvolvido por Thomas e Hong (2013) e adaptado para o caso específico da Matemática por Clark-Wilson e Hoyles (2019), para analisar o desenvolvimento do conhecimento profissional do professor para a integração da tecnologia promovido pelo programa de desenvolvimento profissional.

Assumindo como base as referências teóricas indicadas, começámos por uma análise feita por cada uma das autoras aos projetos do seu país, passando depois a uma análise e discussão conjunta a partir da qual definimos os temas, aspetos e sub-aspetos que constituem o principal resultado deste trabalho.

Aqui ilustramos o trabalho realizado tendo por base apenas um dos projetos portugueses considerados – o PM. Focaremos a nossa atenção nos temas e abordaremos apenas alguns dos aspetos e sub-aspetos mais diretamente evidenciados por esse projeto. Uma descrição de todos os aspetos e sub-aspetos, bem como a análise a todos os projetos considerados, poderá ser consultada em Faggiano *et al.* (2021).

Consideramos cinco temas – visão/objetivos e políticas; foco; estratégias e métodos; limitações ou potencialidades e incentivos; avaliação do impacto. De seguida descrevemos sinteticamente cada um destes temas, comentando simultaneamente alguns dos aspetos e sub-aspetos identificados na sequência da análise do projeto PM.

Visão/objetivos e políticas

Este tema centra-se na visão, nos objetivos e nas decisões políticas que norteiam o programa de desenvolvimento profissional, assim como na escala de implementação (por exemplo, a nível nacional ou a nível local).

O projeto PM pretendia contribuir para a promoção do sucesso escolar dos alunos, tendo implícita a intenção de aprofundar o conhecimento profissional dos professores e contribuir para uma mudança de práticas. A implementação deste projeto decorreu a nível nacional, no entanto o envolvimento dos professores era voluntário, tendo ainda a este

nível algumas características particulares, como teremos ocasião de ver mais adiante, e que decorrem de contributos provenientes da investigação realizada.

Foco

O foco do programa de desenvolvimento profissional inclui elementos como a sua especificidade disciplinar (por exemplo, se é específico da Matemática, se é geral abrangendo todas as áreas disciplinares, ou se aborda a tecnologia em geral) e a quem é atribuída a decisão relativamente à escolha do foco.

O projeto PM tinha um foco exclusivo na Matemática. Este era um projeto onde o foco não estava necessariamente na tecnologia, se bem que em muitas das circunstâncias a tecnologia se constituiu como um elemento importante do trabalho realizado. Nessas ocasiões, a tecnologia foi sempre considerada pelo contributo que podia trazer à Matemática, e nunca encarada por si só. Ou seja, não se tratava de proporcionar o conhecimento da tecnologia, mas de desenvolver conhecimento que permitisse trazer a tecnologia para dentro da sala de aula de forma a que pudesse constituir-se como um contributo para a aprendizagem matemática. Contudo, o aspeto mais marcante deste projeto prendia-se com a escolha do foco, que neste caso era deixada aos professores. Eram estes que se organizavam e, em conjunto, definiam o foco do seu trabalho, estruturando e identificando também o apoio de que sentiam necessitar para prosseguir a abordagem que pretendiam.

Estratégias e métodos

Este tema centra-se nas estratégias e métodos de, e para, desenvolvimento profissional e nas opções que os afetam.

O PM consistiu num programa de desenvolvimento profissional implementado exclusivamente de forma presencial e envolvendo professores em exercício de funções, que voluntariamente se envolviam no programa. A implementação em sala de aula, bem como a reflexão em torno dessa prática, frequentemente com uma vertente de integração entre teoria e prática, eram centrais neste programa. A criação de comunidades de prática, ou de grupos de professores que se apoiam mutuamente, era outro dos aspetos que caracterizava este programa. Igualmente importante era o papel assumido por cada professor, que de alguma forma se tornava formador de cada um dos seus colegas, e que se articulava com um outro aspeto, igualmente marcante neste programa, relativo à partilha de experiências e da reflexão sobre a própria prática e sobre as práticas dos pares.

Limitações ou potencialidades e incentivos

As limitações ou potencialidades e incentivos prendem-se com os fatores que restringem ou facilitam a participação em um programa de desenvolvimento profissional e/ou integração da tecnologia.

O *design* do PM como programa de desenvolvimento profissional tinha presente a intenção de limitar alguns dos constrangimentos por vezes apontados pelos professores como dificultando o seu envolvimento e potenciar circunstâncias que pudessem ter uma influência positiva. Assim, os professores envolvidos dispunham de um período de tempo que fazia parte integral do seu horário de trabalho semanal para se envolverem no programa. Esse tempo estava ainda articulado com o dos colegas da escola que também faziam parte do programa, para que existissem condições efetivas para o trabalho colaborativo. Estavam ainda asseguradas as condições materiais, nomeadamente de acesso à tecnologia, para que fosse possível o trabalho efetivo em sala de aula com os alunos. Paralelamente, o programa tinha por base um projeto concebido pelos próprios professores envolvidos, procurando assim contribuir para a relevância do programa de desenvolvimento profissional para aqueles professores em concreto e para a adequação ao contexto específico em que estes se encontravam.

Avaliação do impacto

A avaliação do impacto refere-se aos processos para avaliar o impacto do programa de desenvolvimento profissional (por exemplo, na prática dos professores) e à forma como tal informa futuras adaptações do programa (por exemplo, propostas de melhoria) ou a conceção de outros programas de desenvolvimento profissional.

Este é um aspeto difícil de analisar no programa PM. Os próprios grupos de professores envolvidos procuraram frequentemente, por sua própria iniciativa, fazer algum balanço do trabalho desenvolvido, mas um trabalho mais abrangente, que permita tirar conclusões para futuros programas, mesmo quando é realizado tende a não ter uma divulgação dos resultados, que são considerados confidenciais.

Conclusão

A análise do conjunto de programas de desenvolvimento profissional escolhidos nos quatro países considerados neste estudo permitiu identificar um conjunto de temas, de aspetos e de sub-aspetos e a partir destes inferir as nossas *teorias pragmáticas* para o *design* de programas de desenvolvimento profissional com foco no uso da tecnologia para ensinar matemática. Aqui abordamos apenas as que estão mais relacionadas com o

programa de desenvolvimento profissional que discutimos neste texto, remetendo para Faggiano *et al.* (2021) para uma leitura global das nossas *teorias pragmáticas*.

Foco na matemática com tecnologia em vez de apenas na tecnologia

A experiência revela que apesar de ser necessário ao professor algum conhecimento técnico da tecnologia, tal não é suficiente para a sua integração no ensino da Matemática, requerendo também um outro tipo de conhecimento que inclua como usar e tirar partido da tecnologia para ensinar matemática (Clark-Wilson *et al.*, 2014; Faggiano, 2009; Rocha, 2020) e permitindo ao professor ser capaz de promover o desenvolvimento da génese instrumental dos seus alunos (Trouche, 2004).

Atender às necessidades dos professores

Reconhecer o professor como um profissional capaz de identificar as suas próprias necessidades é não só importante como também um elemento determinante para conseguir um maior envolvimento, pois este vê-se como parte relevante ao poder discutir as suas necessidades e aquilo que considera importante, conseguindo assim uma maior proximidade com a realidade da sua sala de aula.

Conectar o desenvolvimento profissional e a prática letiva

A relevância do programa de desenvolvimento profissional será tanto maior quanto maior for a proximidade à prática letiva do professor. São essas experiências que permitem ao professor refletir, seja em conjunto com os seus pares seja com especialistas.

Desenvolver comunidades de prática

O desenvolvimento de comunidades de prática e de práticas colaborativas entre professores não é fácil de alcançar e ainda menos de manter. Contudo, estas são particularmente promissoras para o desenvolvimento profissional do professor por potenciarem a comunicação entre professores e a partilha de experiências.

Comentários finais

A importância de conseguir uma teoria que possa servir de base ao *design* de programas de desenvolvimento profissional de professores de Matemática para integrar a tecnologia nas suas práticas parece-nos inquestionável. A nossa *teoria pragmática*, de que apresentámos alguns dos itens, parece-nos poder constituir na sua globalidade um primeiro contributo. Ainda assim, será importante atender à evolução da tecnologia e das formas de comunicação e ir procedendo aos necessários ajustes. É fundamental ter presente que uma estratégia de desenvolvimento profissional bem sucedida num

determinado momento, poderá deixar de o ser a certa altura. Seria ainda importante dar continuidade a este trabalho, alargando a análise a programas implementados noutros países, de modo a conseguir um maior enriquecimento e aprofundamento das nossas *teorias pragmáticas*.

Agradecimentos

Um agradecimento a Alison Clark-Wilson do UCL Knowledge Lab, UCL Institute of Education, Reino Unido, pelas suas ideias e comentários a este trabalho.

Um agradecimento também pelo financiamento a parte deste trabalho proporcionado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto PTDC/CED-EDG/32422/2017.

Referências bibliográficas

- Aldon G., Arzarello F., Panero M., Robutti O., Taranto E. & Trgalová J. (2019) MOOCs for mathematics teacher education to foster professional development: Design principles and assessment. In G. Aldon, J. Trgalová (Eds.), *Technology in Mathematics Teaching. Mathematics Education in the Digital Era* (vol. 13, pp. 223-246). Springer.
- Ball, D., Thames, M. & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59, 389-407.
- Clark-Wilson, A., Aldon, G., Cusi, A., Goos, M., Haspekian, M., Robutti, O., & Thomas, M. (2014). The challenges of teaching mathematics with digital technologies – the evolving role of the teacher. In P. Liljedahl, C. Nicol, S. Oesterle, & D. Allan (Eds.), *Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36* (vol. 1, pp. 87- 116). PME.
- Clark-Wilson, A., & Hoyles, C. (2019). A research-informed web-based professional development toolkit to support technology-enhanced mathematics teaching at scale. *Educational Studies in Mathematics*, 102, 343-359.
- Cusi, A., Swidan, O., Faggiano, E., & Prodromou, T. (2020). The collaborative work on scenario design as a tool to foster teachers' professional development. In H. Borko & D. Potari (Eds.), *Teachers of mathematics working and learning in collaborative groups — Conference Proceedings of ICMI Study 25* (pp. 605-612). National and Kapodistrian University of Athens.
- Faggiano, E. (2009). Leading teachers to perceive and use technologies as resources for the construction of mathematical meanings. In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne & F. Arzarello (Eds.), *Proceedings of CERME 6* (pp. 1310–1319). ERME.
- Faggiano, E., Rocha, H., Sacristan, A., & Santacruz-Rodríguez, M. (2021). Towards pragmatic theories to underpin the design of teacher professional development concerning technology use in school mathematics. In A. Clark-Wilson, A. Donevska-Todorova, E. Faggiano, J. Trgalova & H-G. Weigand (Eds.) *Mathematics Education in the Digital Age: Learning, Practice and Theory* (pp. 42-68). Routledge.
- GTM – Grupo de Trabalho de Matemática (2019). *Recomendações para a melhoria das aprendizagens dos alunos em Matemática* (1.ª versão) (pp. 182-189). Lisboa: DGE. https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/recomendacoes_para_a_melhoria_das_aprendizagens_dos_alunos_em_matematica.pdf
- Kennedy, M. M. (2016). How does professional development improve teaching? *Review of Educational Research*, 86(4), 945-980.

- Ponte, J. P. (1994). *O projeto MINERVA: introduzindo as NTI na Educação em Portugal - Relatório do projeto MINERVA*. Lisboa: DEPEGEF. [http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docs-pt/94-Ponte\(MINERVA-PT\).doc](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docs-pt/94-Ponte(MINERVA-PT).doc)
- Powell, C. & Bodur, Y. (2019). Teachers' perceptions of an online professional development experience: Implications for a design and implementation framework. *Teaching and Teacher Education*, 77, 19-30.
- Rocha, H. (2020). Using tasks to develop pre-service teachers' knowledge for teaching mathematics with digital technology. *ZDM*, 52(7), 1381-1396.
- Rocha, H. & Palha, S. (2021). A tecnologia na formação inicial de professores de Matemática – um olhar sobre duas realidades. In A. Richit & H. Oliveira (Eds.), *Formação de professores e tecnologias digitais* (pp. 1-34). Editorial Livraria da Física.
- Sacristán, A. I., & Rojano, T. (2009). The Mexican national programs on teaching mathematics and science with technology: The legacy of a decade of experiences of transformation of school practices and interactions. In A. Tatnall & A. Jones (Eds.), *Education and technology for a better world* (pp. 207–215). Springer.
- Sacristán, A. I., Sandoval, I. T., & Gil, N. (2011). Teachers engage in peer tutoring and course design inspired by a professional training model for incorporating technologies for mathematics teaching in Mexican schools. In M. Joubert, A. Clark-Wilson, & M. McCabe (Eds.), *ICTMT 10: Enhancing Mathematics Education Through Technology* (pp. 248–253). ICTMT. <http://www.mccabeme.myweb.port.ac.uk/ictmt10proceedings2.pdf>
- Teixeira, P. (2004). *O acompanhamento local como modelo de desenvolvimento curricular em Matemática*. Coleção Teses. Associação de Professores de Matemática.
- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59, 134–144.
- Thomas, M. O. J., & Hong, Y. Y. (2013). Teacher integration of technology into mathematics learning. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 20(2), 69-84.
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematics Learning*, 9(3), 281-307.
- Trouche, L., Drijvers, P., Gueudet, G., & Sacristán, A. I. (2012). Technology-Driven Developments and Policy Implications for Mathematics Education. In M. A. Clements, A. J. Bishop, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung (Eds.), *Third International Handbook of Mathematics Education* (pp. 753–789). Springer.