

A ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DA MATEMÁTICA

Paula Teixeira,

Agrupamento de Escolas João de Barros

teixeirapca@gmail.com

José Manuel Matos, António Domingos

UIED da Universidade Nova de Lisboa,

amdd@fct.unl.pt, jmm@fct.unl.pt

Resumo: Atualmente, os recursos tecnológicos são uma componente dos manuais escolares a par do manual do professor ou do caderno de exercícios. Alguns dos conteúdos desses recursos, em particular, das plataformas digitais estão apresentados numa forma que facilita a sua aplicação em aula mesmo por professores que não possuam muitos conhecimentos em tecnologias de informação e comunicação. Especialmente a existência de apliquetas construídas em programas de geometria dinâmica ou em programas em flash ou mesmo as questões de escolha múltipla envolvendo a verificação e avaliação de conhecimentos. Uma equipa de investigadores da Universidade Nova de Lisboa tem vindo a desenvolver um trabalho desde 2009 em que dois dos objetivos são identificar as orquestrações instrumentais que os professores utilizam quando trabalham com os recursos tecnológicos e identificar os tipos de interação entre os professores e as tarefas com recursos tecnológicos.

Palavras-chave: manual escolar, recursos tecnológicos, orquestração instrumental

Introdução

Nesta comunicação apresenta-se um estudo desenvolvido pela primeira autora (Teixeira, 2015) sobre o trabalho documental dos professores na preparação de tarefas com recursos tecnológicos, na análise que fazem das mesmas e do seu desempenho após a aplicação em aula. Os objetivos foram: identificar as orquestrações instrumentais que os professores utilizam quando trabalham com os recursos tecnológicos e identificar os tipos de interação entre os professores e as tarefas com recursos tecnológicos. Para a caracterização das orquestrações instrumentais foram utilizadas as categorias de Trouche (2004) e Drijvers et al. (2010) e para a caracterização das interações dos professores com as tarefas que prepararam e os recursos tecnológicos, foi utilizada a tipologia de Brown (2009) que contempla três formas replicação, adaptação e improvisação.

Os dados foram recolhidos em três oficinas de formação, duas realizadas entre setembro e dezembro de 2009/10 e outra entre março e junho de 2010/11. As oficinas foram dinamizadas em três locais diferentes e cada uma envolveu, maioritariamente, professores de três concelhos do distrito de Setúbal, Almada e Seixal. São apresentados uma parte dos resultados recolhidos numa das oficinas de 2009/10 e na de 2010/11.

As oficinas de formação foram dinamizadas por dois dos autores, os dados foram obtidos através dos retornos escritos dos professores sobre: a análise dos recursos tecnológicos, o enunciado das tarefas e os seus desempenhos; e ainda, as notas escritas, após cada sessão de formação, sobre o trabalho dos professores em pequenos grupos, as apresentações em grande grupo e as reflexões com o outro formador.

Os cenários de exploração didática foram produzidos e apresentados nas sessões de formação por grupos de dois ou três professores, mas a sua aplicação foi sempre realizada por um único professor com as suas turmas. Cada professor apresentou um relatório escrito com a descrição dos trabalhos desenvolvidos nas sessões de formação e com a análise do seu desempenho didático durante a aplicação da tarefa. Estes relatórios individuais permitiram a triangulação com as apresentações feitas pelos grupos nas sessões. Em suma são apresentados os cenários aplicados por vinte e quatro professores com uma das suas turmas.

Quadro teórico

A noção de orquestração instrumental para Trouche (2005) e para Bussi e Marioti (1998) têm significados diferentes. Na verdade, o primeiro refere-se à integração da tecnologia em sala de aula, enquanto as segundas se referem à coordenação dos diferentes diálogos produzidos em aula, entre aluno-aluno e professor-aluno. O primeiro significado será o utilizado ao longo deste artigo.

Drijvers e Trouche (2008, 2012) definem a orquestração instrumental como uma configuração didática, isto é, a organização dos recursos tecnológicos disponíveis no ambiente, com uma estratégia para cada etapa do tratamento matemático e pelos modos de exploração dessas configurações. Uma configuração didática pode ser descrita por um conjunto de cenários de exploração didática (para um dado ambiente e para cada situação matemática). Um cenário de exploração didática consiste na apresentação de um conceito com os seus objetivos, os materiais para os alunos e um suporte de notas para o professor que o ajudam a aplicar o conceito na prática. Por outras palavras, o cenário de exploração didática envolve tanto a gestão do conhecimento matemático de diferentes fases da situação como uma orquestração instrumental (com sucessivas configurações e os seus modos de exploração, de acordo com um determinado tratamento matemático e com os objetivos pedagógicos do professor). Nesta perspetiva os professores constroem cenários adequados ao seu ambiente de ensino pessoal e às situações matemáticas que querem introduzir. É pois fundamental ter em conta os recursos tecnológicos disponíveis nas escolas, a organização pedagógica da turma e o papel do professor.

Tipos de orquestrações instrumentais

A *orquestração instrumental* pode ser definida através das intenções do professor e da organização sistemática do uso dos *recursos*, por exemplo, tecnológicos, num ambiente de aprendizagem em que é dada uma tarefa matemática para conduzir os alunos na sua *gênese instrumental* (Trouche, 2004).

A *orquestração instrumental* contém uma *configuração didática* (isto é, uma estrutura geral para o plano de ação), um conjunto de *modos de exploração* desta configuração propostos por Guin, Ruthven e Trouche (2005) e o *desempenho didático* acrescentado por Drijvers (2012). Enquanto a *configuração didática* diz respeito à organização dos

recursos na aula, o *modo de exploração* inclui “as decisões sobre a forma como uma tarefa é introduzida e as formas como o recurso pode ser utilizado e sobre os esquemas e técnicas a serem elaborados e estabelecidos pelos alunos” (Drijvers e outros, 2010, p. 215). O professor prepara as componentes da sua *orquestração instrumental* antes, enquanto outros aspetos podem surgir naturalmente durante a aula. A *orquestração instrumental* tem também uma dimensão de tempo que está relacionada com o *desempenho didático*. Um *desempenho didático* envolve as decisões assumidas enquanto o ensino acontece: que pergunta colocar agora, como validar uma intervenção particular de um aluno, como lidar com um aspeto inesperado da tarefa matemática ou da ferramenta tecnológica, ou outros objetivos.

A escolha de uma *configuração didática* tem um forte aspeto de preparação: muitas vezes, as *configurações didáticas* precisam de ser pensadas antes da aula e não podem ser facilmente alteradas durante a mesma. Os *modos de exploração* por sua vez são mais flexíveis e o *desempenho didático* tem uma forte componente de imprevisto.

Drijvers limita as *orquestrações a situações* de ensino e aprendizagem com a turma toda, mas afirma que outras organizações de ensino e aprendizagem, tais como, o trabalho individual do aluno e o trabalho em pares ou em grupo, são também importantes (Drijvers et al., 2010). Pierce e Ball (2009) acrescentam que o processo através do qual o professor desenvolve as *orquestrações instrumentais* é guiado pelo seu conhecimento sobre os modos de exploração de uma situação matemática, pela experiência e pontos de vista sobre educação matemática e pela sua visão do papel da tecnologia. Esta visão inclui o conhecimento e competências do professor para integrar a tecnologia e as suas preocupações com os constrangimentos de tempo para lecionar um determinado conteúdo e as teorias sobre a aprendizagem dos alunos. A este respeito, Gueudet & Trouche (2009) referem-se a orientações implícitas que influenciam as escolhas do professor como *invariantes operacionais*. Essas *invariantes operacionais* podem ser gerais, tal como, ‘a aprendizagem ocorre através da interação’, ou mais específicas, como o papel da tecnologia, por exemplo, ‘a tecnologia serve como meio para melhorar a interação na aula’. As *invariantes operacionais* transformam o comportamento do professor em tipos de invariantes, que são instrumentadas pelas tecnologias disponíveis.

A teoria da *orquestração instrumental* não categoriza orquestrações específicas. No entanto, Drijvers et al. (2010) e Tabach (2013) definem vários tipos de orquestração identificados com base nos dados empíricos de vários estudos, portanto, neste sentido, a categorização não tem uma base teórica. Em todos os casos foram utilizados recursos tecnológicos, como gráficos dinâmicos ou fichas de trabalho eletrónicas em ambientes tecnológicos. Para quase todos os tipos de orquestração, a *configuração didática* envolve um cenário em que os alunos da turma se sentam em frente de um ecrã central.

Drijvers et al. (2010) identificaram seis tipos de tais orquestrações, denominados por *demonstração técnica*⁷, *explicação do ecrã*, *ligação quadro-ecrã*, *discussão do ecrã*, *assinala e mostra* e *aluno Sherpa*. O quadro 2. resume a categorização apresentada com a configuração e o modo de exploração didática associada a cada orquestração.

⁷ No original *technical-demo*, *explain-the screen*, *link-screen-board*, *discuss-the-screen*, *spot-and-show*, *sherpa-at-work*

Quadro 2. Tipos de orquestração instrumental.

| | Configuração didática | Modo de exploração didática |
|--|-------------------------------|--|
| <i>Demonstração técnica</i> (Drijvers et al., 2010) | Toda a turma, um ecrã central | O professor explica os detalhes técnicos para o uso da ferramenta. |
| <i>Explica o ecrã</i> (Drijvers et al., 2010) | Toda a turma, um ecrã central | As explicações do professor já envolvem conteúdo matemático. |
| <i>Ligação quadro-ecrã</i> (Drijvers et al., 2010) | Toda a turma, um ecrã central | O professor associa as representações do ecrã com as que aparecem no manual ou no quadro. |
| <i>Discussão do ecrã</i> (Drijvers et al., 2010) | Toda a turma, um ecrã central | Discussão com a turma toda orientada pelo professor, para melhorar a génese instrumental coletiva. |
| <i>Assinala e mostra</i> (Drijvers et al., 2010) | Toda a turma, um ecrã central | O professor aproveita os conhecimentos dos alunos para uma discussão mais aprofundada. |
| <i>Aluno Sherpa</i> (Trouche, 2004) | Toda a turma, um ecrã central | A tecnologia está nas mãos de um aluno que a utiliza na discussão com a turma toda. |

No estudo realizado por Drijvers (2012) é identificado uma *orquestração instrumental* dominante que o autor chamou *trabalha e anda pela sala*⁸. A *configuração didática* e os recursos consistem nos alunos sentados em frente dos seus computadores portáteis, com acesso *wireless* a um módulo apresentado online e o seu trabalho está proposto num capítulo do manual em formato digital. A este cenário acrescenta-se um quadro no qual o professor escreve explicações adicionais. Um computador ligado a um projetor a mostrar o ambiente *online* esteve também presente na maioria das aulas. Como *modo de exploração* os alunos trabalham individualmente no módulo *online* nos seus computadores portáteis e o professor *anda pela sala* e senta-se com os alunos para monitorizar a sua progressão e fornecer respostas quando solicitado. Como reação às questões dos alunos o professor por vezes vai ao quadro escrever algo. O projetor é raramente utilizado. O autor assinala um aspeto interessante nesta orquestração relacionado com a identificação das dificuldades dos alunos. Se um aluno coloca uma questão enquanto o professor *anda pela sala*, a origem da sua dificuldade é facilmente identificada: se é uma lacuna na compreensão algébrica ou competência; se é um problema técnico causado pelo aluno, por exemplo, na introdução errada de uma expressão no módulo *online*; ou se é uma limitação do módulo *online*, que em alguns casos faculta um retorno inapropriado.

Em Tabach (2013) surge mais um tipo de orquestração instrumental *não usa tecnologia*⁹, como o próprio nome indica a tecnologia está presente, mas não é usada pelo professor.

⁸ No original *work-and-walk-by*.

⁹ No original *not-use-tech*

Estas categorias de *orquestrações instrumentais* foram apresentadas num estudo (Tabach, 2013) em que o autor identificou episódios de aula com estas orquestrações e procurou outras diferentes. Mas surgem também em estudos (Drijvers et al., 2010; Drijvers, 2012) nos quais os autores estiveram interessados no desenvolvimento profissional dos professores quando estes aplicam recursos tecnológicos no seu ensino.

A natureza da investigação

Para o estudo foi escolhida uma abordagem de tipo qualitativo, uma vez que se pretende compreender o processo pelo qual as pessoas constroem significados, descrevendo em que consistem esses significados. A metodologia assenta no paradigma interpretativo (Cohen, Manion & Morrison, 2000) uma vez que se pretendeu compreender e interpretar o mundo em termos dos seus atores. Os fenómenos observados são importantes e os significados e interpretações são fundamentais.

Habermas (1972) sugere que a prática reflexiva pode ser desenvolvida em quatro fases: fase 1: A descrição e interpretação da situação existente - um exercício de hermenêutica que identifica e tenta fazer sentido da situação atual; fase 2: O discernimento das razões que levaram a situação existente à forma que assumiu - a causa e os efeitos de uma situação e uma avaliação da sua legitimidade, envolvendo uma análise de interesses e ideologias no trabalho numa situação, o seu poder e legitimidade (tanto em termos micro como macrosociológicos); fase 3: Uma agenda para alterar a situação; e fase 4: Uma avaliação do cumprimento da situação na prática.

Em educação as fases de Habermas são operacionalizadas por Smyth (1989) da forma seguinte: descrição (o que estou a fazer?); informação (o que significa isto?); confronto (o que fiz para ficar assim?) e reconstrução (como eu poderia fazer as coisas de forma diferente?). Estas fases remetem para a investigação em educação para uma teoria e prática reflexiva, sem teoria a reflexão é oca, sem prática a reflexão é vazia.

Este estudo envolveu 63 professores de 24 escolas básicas e secundárias do distrito de Setúbal distribuídos por três oficinas de formação com uma média de 21 participantes cada. Estas oficinas foram criadas para aprofundar a interação dos professores com as tarefas com utilização dos recursos tecnológicos e decorreram ao longo de um período letivo.

Nas oficinas propunha-se uma prática pedagógica e didática que implicava a experimentação de metodologias, materiais e instrumentos de avaliação adequados aos programas de matemática, nomeadamente sobre: I-Visão global dos programas de matemática – Objetivos; Competências gerais e específicas; Temas e conteúdos; Sugestões metodológicas; Avaliação. II- Visão pormenorizada dos manuais adotados nas escolas dos formandos que possuem recursos informáticos como materiais de apoio e complemento. III- Elaboração de tarefas e instrumentos de avaliação adequados.

Nas oficinas foi seguido um plano geral que contemplou três momentos de aprendizagem e reflexão específicos: momentos presenciais com todos os professores e com propósitos diferenciados; momentos de trabalho autónomo, de natureza individual ou em pequeno grupo, em função da estratégia delineada por cada professor ou equipa de professores; e momentos de trabalho à distância, apoiados pelas disciplinas criadas para cada oficina na plataforma *moodle* com a função, entre outras, de acompanhar os professores na concretização das atividades previstas com os seus alunos.

A sequência de ações propostas aos professores nas oficinas de formação foi a seguinte:

1. Análise das planificações a médio prazo realizadas pelos professores nas suas escolas.
2. Seleção do conteúdo matemático dessa planificação a ser preparado durante o período em que decorreu a ação de formação.
3. Análise do recurso tecnológico que acompanhava os manuais adotados nas escolas.
4. Seleção, adaptação ou criação de tarefas a serem aplicadas com utilização dos recursos tecnológicos em pelo menos uma turma de cada professor.
5. Construção dos cenários de exploração didática, com a definição das suas componentes: artefactos disponíveis, a situação matemática e as configurações dos modos de exploração.
6. Período de aplicação nas turmas.
7. Apresentação da reflexão sobre o desempenho didático.

As oficinas de 50 horas cada incluíam 35 horas presenciais distribuídas por dez sessões de três horas e uma última de cinco horas. Na primeira sessão os participantes foram registados na plataforma *moodle*, onde seriam partilhados os retornos escritos produzidos (separados por: análise e descrição dos conteúdos dos recursos tecnológicos que acompanhavam os manuais; os documentos propostos aos alunos nas aulas que envolveram a utilização dos recursos e finalmente a análise descritiva dessas aulas). Nas sessões seguintes, os professores começaram por se organizar, em pares ou em pequenos grupos, da mesma escola ou a lecionar o mesmo ano de escolaridade. Em seguida analisaram as planificações a médio prazo construídas nas suas escolas, e selecionaram o ou os conteúdos matemáticos dessa planificação que seriam lecionados durante os meses em que decorria a formação e após a análise dos recursos tecnológicos, começaram a definir os cenários de exploração didática, que iriam aplicar nas suas turmas. Os professores selecionaram, adaptaram ou construíram as tarefas a serem aplicadas numa das suas turmas com utilização dos recursos tecnológicos. Em grande grupo foram apresentadas e discutidas as componentes do cenário de exploração didática (recursos disponíveis, a situação matemática e as configurações dos modos de exploração). A cada professor foi deixada a liberdade de integrar ou não as propostas dos formadores e dos pares. Após aplicação nas suas turmas, cada professor apresentou, em grande grupo, as reflexões sobre o seu desempenho didático.

As orquestrações instrumentais identificadas no estudo

Para estudar as tarefas produzidas pelos professores foi utilizada a caracterização proposta por Brown (2009) que define três formas de interação entre os professores e os materiais curriculares denominadas por *replica*, *adapta* e *improvisa*. No primeiro caso o professor copia as propostas do material curricular na íntegra. No segundo caso o professor segue as sugestões apresentadas no material curricular, mas adapta-as ao seu contexto e às suas preferências. No terceiro caso o professor não segue as sugestões apresentadas pelo autor do material curricular e segue as suas próprias ideias.

Os formadores solicitaram aos professores a apresentação e discussão dos materiais que iriam ser trabalhados com os alunos, em suporte papel. Estes materiais podiam ser, por exemplo: fichas de trabalho com tarefas de exploração, investigação, resolução de problemas, aplicação de conhecimentos, guiões para as *apliquetas* do recurso

tecnológico ou para um software específico (por exemplo: o Geogebra, o The Geometer's Sketchpad). Os recursos tecnológicos são recursos de suporte aos manuais escolares, os seus conteúdos assentam na premissa dos autores do manual apresentarem uma tarefa que faça a sua ligação a algum dos conceitos matemáticos apresentados no manual. No entanto, há professores que apesar do recurso tecnológico possuir uma proposta de tarefa optaram por criar outra diferente, mais ajustada à sua prática ou ao ambiente tecnológico das suas escolas.

Aos professores foi deixada a liberdade de não aplicarem o recurso tecnológico que acompanhava o manual da sua escola, se considerassem que não possuía nenhuma proposta sobre o que pretendiam ensinar ou com a qual não se identificassem. Nos casos em que o recurso tecnológico do manual adotado na escola não possuía qualquer proposta para os conteúdos que os professores pretendiam ensinar no período em que decorreram as oficinas foram encontradas outras soluções que passaram ou pela aplicação dos recursos tecnológicos de outros manuais ou pela aplicação das propostas disponíveis em endereços da internet, em particular as do Instituto Freudenthal e da Academia Khan. Pontualmente, os professores utilizaram a combinação de dois recursos tecnológicos. Saliente-se que nesta fase os professores conheciam um conjunto diversificado de recursos tecnológicos, resultado da apresentação, em grande grupo, da análise inicial das suas restrições e potencialidades.

O quadro 2 apresenta os tipos de orquestrações instrumentais identificadas em duas oficinas de formação recorrendo aos retornos orais que os professores fizeram dos cenários de exploração didática (CED) que replicaram, adaptaram ou improvisaram para aplicar nas suas turmas e que foram por nós trianguladas com os seus retornos escritos. A numeração na interseção das linhas com as colunas identifica a ordem pela qual as orquestrações foram definidas e desenvolvidas pelos professores no cenário e na aula, respetivamente.

Quadro 2. Tipos de orquestrações instrumentais por cenário de exploração didática.

| CE D | <i>Demonstração técnica</i> | <i>Explica o ecrã</i> | <i>Ligação quadro-ecrã</i> | <i>Discussão do ecrã</i> | <i>Assinala e mostra</i> | <i>Aluno sherpa</i> | <i>Trabalha e anda pela sala</i> |
|---------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 1 | | | | | | | 1 |
| 2 | | | | 2 | | | 1 |
| 3 | 1 | | | | | | 2 |
| 4 | 1 | | | | | | 2 |
| 5 | | | | | | | 1 |
| 6 | | | 1 | | | | |
| 7 | | | | 1 | | | 2 |
| 8 | | | | | | | 1 |

Quadro 2. Tipos de orquestrações instrumentais por cenário de exploração didática (continuação).

| CE D | <i>Demonstração técnica</i> | <i>Explica o ecrã</i> | <i>Ligação quadro-ecrã</i> | <i>Discussão do ecrã</i> | <i>Assinala e mostra</i> | <i>Aluno sherpa</i> | <i>Trabalha e anda pela sala</i> |
|------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------------|
| 9 | | | | | | | 1 |
| 10 | | | | 1 | | | 2 |
| 11 | | | | | | | 1 |
| 12 A | | | 1 | | | | |
| 12 B | | | | 2 | | | 1 |
| 13 | | | 1 | | | | |
| 14 | | 1 | | | | | |
| 15 | 1 | 2 | | | 4 | | 3 |
| 16 | | 1 | | | 3 | | 2 |
| 17 | | | | 1 | | | |
| 18 | | | | 1 | | | |
| 19 | | | | | | | 1 |
| 20 | | | | | | 1 | |
| 21 | | | | 1 | | 2 | |
| 22 | | | | | | | 1 |
| 23 | | | | | | | 1 |
| 24 | | | | 1 | | 2 | |

Nos doze primeiros cenários apresentados, apenas no CED 6 existe um computador ligado a um projetor e um quadro branco com estes recursos tecnológicos, um dos modos de exploração que se ajustava seria a ligação quadro-ecrã e foi o escolhido e desenvolvido pelas professoras. No relato sobre o seu desempenho didático escrevem:

Os alunos juntaram-se em grupos de três elementos, de forma aleatória, sendo posteriormente distribuída a ficha de trabalho. Os alunos realizaram a tarefa, depois de esta ter sido lida no grupo turma. As professoras ajudaram os alunos sempre que estes solicitaram. Esta etapa teve a duração de quarenta minutos.

Em grande grupo, com a ajuda do CD-ROM foram corrigidas as tarefas e fez-se uma síntese dos conteúdos envolvidos.

O quadro branco permitiu dar algumas explicações, esclarecer dúvidas de âmbito geral e prestar algumas orientações.

A *apliqueta* do recurso tecnológico foi manipulada pelas professoras para corrigir as atividades que os alunos desenvolveram sem os computadores. No CED 12 foram definidos duas estratégias, o modo de exploração da estratégia A é idêntica à do CED 6. Nos restantes cenários existe um modo de exploração comum a todos - o trabalha e anda

pela sala. Nem sempre, se trata do modo tal e qual é definido por Drijvers (2012) uma vez que ele é articulado com outros modos de exploração, nos CED 3 e 4 é antecedido de uma demonstração técnica do recurso tecnológico, nos cenários CED 7 e 10 é antecedido de uma discussão do ecrã que acontece aquando do visionamento do vídeo do recurso tecnológico e nos CED 2 e 12 (estratégia B) é precedido de uma discussão do ecrã para se discutir com a turma toda a atividade desenvolvida com o visionamento do vídeo e a manipulação da *apliqueta* dos recursos tecnológicos, respetivamente.

A análise do quadro permite inferir que as orquestrações didáticas desenvolvidas e aplicadas pelos professores foram enquadradas, na maioria dos casos, em apenas uma categoria. Uma das exceções, o décimo quinto cenário envolve orquestrações que aconteceram nas duas aulas nas quais foram trabalhadas, com o *The Geometer's Sketchpad*, as propriedades dos paralelogramos. A professora trabalhou pela primeira vez com o *The Geometer's Sketchpad* em sala de aula e replicou duas fichas de trabalho do manual adotado na sua escola. No seu relato a professora descreve:

Na aula 1

O professor apresentou o GSP [The Geometer's Sketchpad] recorrendo a um exemplo. (...)

Após os alunos já terem realizado operações várias com o GSP foi entregue aos alunos a 1ª parte do guião da tarefa, que compreendeu a construção de um paralelogramo. A realização desta construção não foi acompanhada de qualquer explicação e pela projeção no quadro. O professor circulou pela sala assegurando o esclarecimento de algumas dúvidas. Os alunos guardaram as construções.

Na aula 2

Foi entregue a segunda parte do guião da tarefa de investigação (...) e apresentada oralmente pelo professor, de forma a clarificá-la (...). Os alunos realizarão investigações matemáticas, de acordo com orientações que foram dadas no guião. Os alunos realizaram conjecturas a partir da observação de regularidades nos vários paralelogramos. O último momento da aula consistiu na apresentação das conjecturas/raciocínios. Gradualmente, tais conclusões foram completadas e clarificadas com o contributo dado pelos restantes grupos. Nesta etapa, a docente assumiu um papel de moderação das intervenções, fazendo alguns comentários sobre as mesmas. Partindo das intervenções dos alunos, foi feita uma síntese e sistematização das propriedades dos paralelogramos, com a intervenção do docente, que foram registadas no quadro e, posteriormente, pelos alunos nos seus cadernos diários”.

No décimo sexto são detetados três categorias de orquestrações, onde foram testados conhecimentos sobre as funções afim, linear e constante, através dos testes do CD-ROM, que foram reproduzidos em suporte papel para recolha de evidências das aprendizagens dos alunos. Três professores utilizaram a orquestração instrumental Aluno sherpa, pois apenas existia um computador ligado a um projetor e um quadro interativo. Nos três casos, a tecnologia foi manuseada pelos alunos. No vigésimo cenário, o aluno foi o responsável pela apresentação dos diapositivos, e no vigésimo primeiro os alunos foram manipulando, à vez, no único computador disponível, uma *apliqueta* do CD-ROM. No vigésimo quarto cenário, o aluno sherpa veio ao quadro interativo resolver exercícios. Nestes casos, apesar de a tecnologia estar nas mãos de um aluno, no primeiro o aluno limita-se a passar os slides à medida que o professor expõe a

matéria, no segundo, os alunos manipulam uma *apliqueta* que lhe permite desenvolver a representação visual de um plano de corte num sólido representado no plano e, no terceiro, o aluno partilha o seu conhecimento com os colegas através da resolução de um exercício no quadro interativo.

Evidências do estudo

Nas duas componentes dos cenários de exploração didática — relação do professor com a tarefa e orquestração instrumental —, sobressai a importância dos documentos propostos nos manuais escolares no trabalho documental dos professores e os recursos tecnológicos disponíveis nas escolas. Na relação com a tarefa, a primeira opção foi a replicação ou adaptação de propostas dos manuais ou dos recursos tecnológicos que os acompanham ou tarefas aplicadas com as turmas-piloto na introdução dos programas do ensino básico (2007) ou mesmo as tarefas obtidas através de motores de busca na internet.

As orquestrações instrumentais foram ditadas pelos ambientes tecnológicos das escolas, no entanto existem cenários de exploração didática em que, apesar de a escola reunir as condições necessárias para a aplicação de cenários didáticos de aprendizagem centrados no aluno, o professor ainda se sente mais seguro centrando a aula em si. O caso dos cenários de exploração didática aplicados na mesma escola 12A e 12B é visível, no primeiro cenário, que a escola possui equipamento tecnológico necessário para que a aula seja centrada na atividade realizada pelos alunos e o professor optou, neste caso, por orquestrações instrumentais centradas no aluno. No entanto, no segundo cenário, o professor opta por uma orquestração instrumental centrada no professor. O domínio da tecnologia por parte do professor foi, neste caso, determinante para esta escolha. Em ambos os casos os professores não conheciam os recursos tecnológicos, mas o professor do CED 12B nunca tinha trabalhado com tecnologia na aula para além da utilização das calculadoras gráficas. No estudo foi ainda possível triangular uma situação idêntica, o CED 14 foi desenvolvido em aula por duas professoras numa sala com computadores e por outra professora numa sala só com um computador ligado a um projetor. As três professoras pertenciam à mesma escola.

Dos vinte e quatro retornos sobre o desempenho didático, obtidos em duas das oficinas de formação, apenas em catorze os professores refletem sobre os recursos tecnológicos aplicados na aula ou sobre as tarefas ou sobre as produções dos alunos obtidas na aula.

Apesar de nas produções orais apresentadas pelos professores no final da oficina de formação, com base na utilização dos recursos tecnológicos, terem sido reportadas várias experiências de ensino com situações de aprendizagem diversas, todas elas foram bem aceites pelos alunos e potenciadoras de aprendizagens significativas. De facto os professores tiveram sempre a preocupação de apresentar aos alunos situações de aprendizagem onde o papel destes não fosse passivo, o que em alguns casos foi além da utilização que os recursos suportavam. Em aulas em que só existia um computador, os professores procuraram instrumentações em que os alunos manipularam a tecnologia. Sempre que a seleção de várias ferramentas permitiu uma forte interação dos alunos, estes conseguiram desenvolver abordagens dos conceitos em estudo, que lhes permitiu a integração de diferentes representações.

Os professores recolheram evidências de que os alunos conseguiram trabalhar os conceitos de modo refletido, quer estes tenham sido apresentados num formato mais lúdico ou mais formal. No entanto, da análise dos retornos sobre o desempenho didático

dos professores, conclui-se que são mais descritivos das ações desenvolvidas nas aulas, do que reflexivos sobre a experiência pedagógica. Os professores apresentam poucos retornos escritos com evidências das potencialidades e restrições das tarefas produzidas, por exemplo: fichas de trabalho e guíões de exploração de *apliquetas*.

Os professores salientam que o envolvimento dos alunos foi positivo, apresentam os resultados de questionários passados aos alunos no final das aulas, referem que obtiveram evidências positivas sobre a aprendizagem dos conteúdos mediada pela utilização dos recursos tecnológicos, no entanto, há poucos relatos dos desempenhos dos alunos que suportem os retornos orais e escritos dos professores sobre a gênese instrumental dos alunos durante a sua atividade.

Nos trabalhos desenvolvidos pelos pequenos grupos, nas sessões presenciais da oficina de formação, são evidentes as razões que conduziram à seleção do recurso tecnológico de acordo com a situação matemática a lecionar e as ações relacionadas com a tarefa. Estas razões saem reforçadas nas produções escritas dos professores que aplicaram o mesmo cenário de exploração didática, em turmas diferentes, mesmo nos que são mais descritivos, que salientam como foi positivo para os alunos a utilização de determinado recurso, mesmo que o ganho tenha passado apenas por mais concentração e empenho dos alunos.

A interação entre os professores e os recursos foi mais evidente no tema de introdução dos princípios de equivalência para a resolução de equações do primeiro grau. Este facto advém de se tratar da oficina de formação em que o mesmo tema foi trabalhado em quatro cenários de exploração didática com três recursos tecnológicos diferentes, duas *apliquetas* do Instituto Freudenthal e um vídeo da Academia Khan. As produções das experiências moderadas pelos formadores foram interessantes pois permitiram um registo dos aspetos mais conseguidos de cada um dos recursos tecnológicos e a discussão de formas de ultrapassar as suas limitações. Não foi alheio a esta situação o terem estado envolvidos na discussão sete professores com experiências de ensino diferentes.

Do nosso estudo sobressai também a combinação de várias orquestrações instrumentais dos recursos tecnológicos numa mesma aula situação que não é descrita nas investigações de Drijvers et al., 2010.

Referências

- Bartolini Bussi, M. G., & Mariotti, M. A. (2008). Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artifacts and signs after a Vygotskian perspective. Em L. D. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp. 750–787). Mahwah, NJ: LEA.
- Brown, M. W. (2009). The teacher-tool relationship: Theorizing the design and use of curriculum materials. Em J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann, e G. M. Lloyd (Eds.), *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction*, (pp. 17–36). New York: Routledge.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education*. London: Routledge.
- Drijvers, P. (2012). Teachers transforming resources into orchestrations. Em G. Gueudet, B. Pepin, e L. Trouche (Eds.), *From text to 'lived' resources:*

- mathematics curriculum materials and teacher development (pp. 265-281). New York/Berlin: Springer.
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 213-234.
- Drijvers, P., & Trouche, L. (2008). From artefacts to instruments: A theoretical framework behind the orchestra metaphor. Em G. W. Blume e M. K. Heid (Eds.), *Research on technology and the teaching and learning of mathematics: Vol. 2. Cases and perspectives* (pp. 363–392). Charlotte, NC: Information Age.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(2), 199–218.
- Guin, D., Ruthven, K. & Trouche, L. (Eds.) (2005). *The didactical challenge of symbolic calculators: Turning a computational device into a mathematical instrument*. Springer, New York.
- Habermas, J. (1972). *Knowledge and Human Interests*. Shapiro, J. (Trans.) (1970). Boston: Beacon Press.
- Pierce, R., & Ball, L. (2009). Perceptions that may affect teachers' intention to use technology in secondary mathematics classes. *Educational Studies in Mathematics*, 71, 299–317.
- Smyth, J. (1989) Developing and sustaining critical reflection in teacher education. *Journal of Teacher Education*, 40 (2), 2-9.
- Tabach, M. (2013). Developing a General Framework For Instrumental Orchestration, Em Conference on European Research on Mathematics Education, CERME8. Jana Trgalova and Hans-Georg Weigand (editors). Disponível em http://cerme8.metu.edu.tr/wgpapers/wg15_papers.html março 2014
- Teixeira, P. (2015). *Construindo novas ferramentas didáticas em matemática: professores, aula e recursos tecnológicos*. Tese de Doutorado em Ciências da Educação, área de especialização Teoria e Desenvolvimento Curricular. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- 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 Mathematical Learning*, 9(3), 281-307.
- Trouche, L. (2005). An instrumental approach to mathematics learning in symbolic calculators environments. Em D. Guin, K. Ruthven, e L. Trouche (Eds.), *The didactical challenge of symbolic calculators. Turning a computational device into a mathematical instrument* (pp. 137–162). New York: Springer.