

## **A Teoria da Atividade: conceitos e aplicações na formação contínua de professores**

### **The Theory of Activity: concepts and applications in the continuous formation of teachers**

Paula Cristina Teixeira  
Agrupamento de Escolas João de Barros, Portugal

José Manuel Matos  
Universidade Nova de Lisboa, Portugal

#### **RESUMO**

Através da Teoria da Atividade estuda-se o processo pelo qual os professores desenvolvem, executam e avaliam os seus planos de aula, e, portanto, como as propostas curriculares são transformadas em eventos em salas de aula reais. Focar-nos-emos, em particular nos modos como os professores se apropriam de recursos didáticos inovadores e os integram na sua prática pedagógica. Os dados foram recolhidos em três ações de formação de professores de Matemática num total de 95 sessões de trabalho centradas no estudo de materiais propostos pelas editoras como complemento dos livros de texto. Conclui-se que todas as experiências de ensino foram bem aceites pelos alunos e potenciadoras de aprendizagens significativas. Os professores tiveram a preocupação de propor situações de aprendizagem ativas, o que em alguns casos foi além da utilização que os recursos tecnológicos sugeriam. Sempre que as ferramentas possibilitaram uma forte interação dos alunos, estes conseguiram desenvolver abordagens que lhes permitiram a integração de diferentes representações dos conceitos. No entanto, as reflexões sobre o desempenho didático dos professores foram mais descritivas das ações desenvolvidas nas aulas do que reflexivas sobre a experiência pedagógica.

**Palavras-chave:** Teoria da Atividade. Formação de professores. Educação Matemática.

#### **ABSTRACT**

Through Theory of Activity we study the process by which teachers develop, execute, and evaluate their lesson plans, and therefore how the curricular proposals are transformed into events in real classrooms. We will focus, in particular, on how teachers appropriate innovative teaching resources and integrate them into their pedagogical practice. Data was gathered in three training actions of teachers of Mathematics in a total of 95 work sessions focused on the study of materials proposed by the publishers as a complement to the textbooks. We conclude that all the teaching experiences were well accepted by the students and enhancers of learning. Teachers were focused on proposing active learning situations, which in some cases went beyond the suggested use of technological resources. Whenever the tools permitted a strong interaction of the students, they were able to develop approaches that allowed them to integrate different representations of the concepts. However, the reflections on the didactic performance of teachers were more descriptive of the actions developed in class than reflective on the pedagogical experience.

**Keywords:** Theory of Activity. Teacher training. Mathematical Education.

#### **Introdução**

Neste texto assumimos que os professores são os atores centrais no processo de transformar os currículos oficiais em tarefas matemáticas. Através do seu trabalho de desenvolvimento, execução e avaliação de planos de aula, as recomendações quer dos autores

dos programas, quer dos outros decisores curriculares são transformadas em eventos em salas de aula reais. O estudo dos modos de procedimento dos professores é, pois, importante para a compreensão das transformações do currículo.

Propomo-nos estudar estes processos usando a Teoria da Atividade. A profissão docente desenvolve-se na relação com o outro (alunos, colegas, pais, direção, etc.) e esta teoria permite compreender o indivíduo na sua interação social. Focar-nos-emos, em particular nos modos como os professores se apropriam de recursos didáticos inovadores e os integram na sua prática pedagógica. Sob impulso da Teoria da Atividade tem-se assistido recentemente a um grupo de investigadores que estudam a utilização que os professores, em particular de matemática, fazem destes recursos didáticos (Adler, 2000; Brown, 2009; Gueudet e Trouche, 2009; Remillard, 2005; Teixeira, 2015).

Em Portugal, a partir de 2002 as editoras dos manuais escolares começaram a publicar, para além do livro, um complemento informático, em formato inicialmente de *CD-Rom* e atualmente em *pen-drive* que está em permanente atualização em plataformas digitais de apoio ao trabalho dos professores. Nesse complemento, o professor encontra, para além do manual em formato eletrónico, propostas de tarefas para serem desenvolvidas pelos alunos com o auxílio de *applets* construídos em software de geometria dinâmica como o *Geogebra* ou em programas de traçado de gráficos, pequenos filmes ilustrativos dos conceitos em estudo, jogos interativos e testes de verificação de conhecimentos. Neste trabalho estudaremos como professores de Matemática se apropriam deste novo tipo de recurso e o integram na sua prática pedagógica.

### **A mediação semiótica**

A Teoria da Atividade tem raízes na teoria psicológica soviética da atividade iniciada por Vygotsky e Leont'ev e define como os artefactos sociais e a organização social mediam a ação social. A relação que o indivíduo estabelece com o mundo não é direta, mas mediada por artefactos (elementos materiais externos) e pela linguagem ou os signos (elementos internos que transportam os conceitos culturais). O desenvolvimento cognitivo ocorre através da interação social.

O termo mediação ressalta na literatura atual sobre educação matemática, em particular, em relação à introdução de novas tecnologias nas aulas (Bussi e Mariotti, 2008). A utilização do termo destina-se a transmitir a ideia de que os artefactos são entidades intermediárias capazes de estabelecer ligações entre o utilizador do artefacto e o objeto para o qual a utilização do artefacto é dirigida. Assim, a ideia de mediação tem sido utilizada para definir a potencialidade que um artefacto específico tem em relação ao processo de aprendizagem.

O conceito de mediação semiótica é um pressuposto essencial para explicar o funcionamento das funções mentais superiores. Os mediadores simbólicos (sinais, gestos, símbolos, fórmulas, textos, gráficos), que permitem que o indivíduo organize, reestruture e controle as suas funções mentais naturais (percepção, atenção, memória, compreensão, comunicação...), assumem importância em especial para os educadores. Para a Teoria da Atividade, a aprendizagem é uma experiência social, mediada pela utilização de instrumentos e signos e pela interação entre linguagem e ação. A mediação envolve sempre um mediador

consciente e intencional, alguém que toma a iniciativa e a responsabilidade do uso de um artefacto para mediar um conteúdo específico. No contexto do ensino e de aprendizagem da matemática, o mediador é o professor que introduz o uso de artefactos específicos para mediar as funções mentais superiores relevantes para a matemática (tais como por exemplo, a formação de conceitos científicos, o desenvolvimento do raciocínio lógico) e para a apropriação do conhecimento matemático como parte do nosso património cultural. A mediação do professor não é dirigida a um objeto, mas para o aluno. O objetivo da mediação do professor é provocar a aprendizagem nos alunos, uma mediação consciente na qual participa ativamente, e de quem o sucesso da mediação depende.

### **Artefactos, instrumentos e conhecimento**

Os artefactos influenciam as normas que regulam a interação do participante na atividade e os papéis que os participantes podem assumir e, nesse sentido, não só permitem, mas limitam a ação do sujeito em relação ao objeto (Bottino e Chiappini, 2002).

A construção e a utilização de artefactos, em particular artefactos complexos, é uma característica da atividade humana, mas ainda mais característica dos seres humanos parece ser a influência de tais artefactos ao nível cognitivo (Bussi e Mariotti, 2008). Norman (1993) aponta exatamente para a dupla natureza do que ele chama de artefactos cognitivos: o caráter pragmático ou experiencial (ou seja, orientação para o exterior que permite a modificação do meio ambiente), e o caráter reflexivo (ou seja, orientação interna que faz os utilizadores inteligentes).

Uma característica fundamental dos artefactos é que eles podem ajudar as pessoas a atingir metas a que podiam não ser capazes de chegar sem eles existindo ainda situações em que a atividade humana e os artefactos são inseparáveis. Um bom exemplo apresentado por Wertsch (1998) é o do salto à vara. É ridículo, segundo ele, isolar a vara de salto do atleta, porque a atividade não tem sentido sem os dois. Em vez disso, o estudo do salto à vara deve considerá-los em termos de uma interação dinâmica.

Uma situação semelhante ocorre com os artefactos cognitivos como por exemplo as calculadoras. A capacidade de um indivíduo para realizar cálculos matemáticos complexos usando ferramentas como as calculadoras não pode ser entendida como uma capacidade mental social e materialmente isolada, uma vez que tais parcerias são caracterizadas pela "partilha" da capacidade funcional através de pessoas e ferramentas.

Os seres humanos têm produzido muitos artefactos suportados em representações de diferentes tipos, nomeadamente os instrumentos científicos. Instrumentos como a régua e o compasso são facilmente reconhecíveis como tendo origem na geometria euclidiana clássica. Em particular, a contribuição de artefactos para a educação não é novidade; os livros são os principais artefactos utilizados nas escolas, mas também o papel, o lápis e o quadro negro. Mais geralmente, a transição do campo da prática para o do intelecto e vice-versa, pode ser considerada um dos motores básicos da evolução e do progresso. A passagem da forma oral para a forma escrita da língua foi a origem de uma grande mudança; a escrita pode ser simplesmente considerada uma forma de implementar a expressão oral, com a vantagem de que o que é dito pode ser registado. No que diz respeito à matemática, o uso da escrita pode

estar relacionado com o nascimento do raciocínio dedutivo no campo da geometria, com Thales como um dos seus pioneiros e Euclides o mestre (Bussi e Mariotti, 2008).

A relação entre artefacto e conhecimento pode ser expressa por sinais produzidos pelo desenvolvimento cultural, cristalizando o significado das operações realizadas com o artefacto. Numa perspetiva individual ou social pode-se falar sobre a relação entre o artefacto e o conhecimento como conhecimento recordado (segundo um indivíduo) ou conhecimento incorporado (de acordo com uma análise histórico-epistemológica de um artefacto). De facto, para o especialista, os sinais podem ser evocados quer pelo artefacto, quer pelo correspondente conhecimento. Por exemplo, se a notação posicional e a notação polinomial de números podem ser *evocadas* por um ábaco, e a régua e o compasso podem ser *evocadas* pelo ambiente Cabri, podemos também dizer que a notação posicional é *incorporada* num ábaco, tal como como a régua e o compasso geométricos estão *incorporadas* no ambiente Cabri (Cerulli, 2004).

Os sinais que sobressaem de atividades com os artefactos são socialmente elaborados, em particular, eles podem ser intencionalmente utilizados pelo professor para explorar processos semióticos, visando orientar a evolução de significados dentro da comunidade-classe. O professor pode orientar a evolução em direção ao que é reconhecido como a matemática, o que corresponde ao processo de se relacionar sentidos pessoais (Leont'ev, 1979) e significados matemáticos, ou conceitos espontâneos e conceitos científicos (Vygotsky, 1978). Pode-se expressar este complexo processo dizendo que o professor atua como mediador usando o artefacto para mediar o conteúdo matemático para os alunos. Não apenas no sentido do ato concreto de usar uma ferramenta para realizar uma tarefa, mas também no sentido de estes novos significados, relacionados com a utilização efetiva de uma ferramenta, poderem ser gerados, e evoluírem, sob a orientação do professor.

### **A génese instrumental e a génese documental**

Até aqui argumentámos sobre a importância da mediação da ação do sujeito através de artefactos. Discutiremos agora a génese instrumental centrada nos processos pelos quais os humanos transformam gradualmente esses elementos materiais em instrumentos para a ação em especial na que assenta na transposição para a educação matemática do trabalho que teve a sua origem na ergonomia cognitiva (Rabardel, 2002; Vérillon e Rabardel, 1995).

A abordagem instrumental de Rabardel baseia-se na distinção entre artefacto (um determinado objeto) e instrumento (um constructo psicológico). O instrumento não existe em si mesmo, torna-se um instrumento quando o sujeito se apropria do artefacto, integrando-o na sua atividade. O instrumento é uma construção do indivíduo, possui um carácter psicológico e está estritamente relacionado com o contexto dentro do qual o esquema se origina e o seu desenvolvimento ocorre.

Um instrumento é, pois, para Rabardel (2002) uma construção pessoal que os seres humanos desenvolvem quando usam um artefacto material e simbólico. Este uso requer o desenvolvimento de esquemas de utilização. Esta componente psicológica faz uso do conceito de esquema, inicialmente introduzida por Piaget no campo psicológico e redefinido por Vergnaud (1998) como “uma organização invariante do comportamento para uma dada classe de situações” (p. 168), isto é, uma entidade dinâmica funcional na qual é necessário

considerar todas as suas componentes que representam o conhecimento implícito contido num esquema: os objetivos e as previsões, as regras de ação, a compilação da informação, a tomada de controlo e as invariantes de funcionamento. Para Rabardel (1995), um esquema envolve três funções principais: a função pragmática (permite que o sujeito transforme uma situação e obtenha resultados), a função heurística (permite ao sujeito controlar e planear ações) e a função epistémica (permite ao sujeito compreender o que está a fazer). Estes esquemas de utilização são esquemas de organização da atividade com um artefacto associado à realização de uma dada tarefa.

Trouche (2004) destaca em particular os gestos que considera a parte observável dos esquemas. Para ele, tratam-se de comportamentos elementares relacionados com a atividade e que podem ser observados, enquanto que o está relacionado com o pensamento não se pode observar. Trouche ilustra esta ideia com a metáfora de um iceberg, onde os gestos são a pequena parte observável acima da superfície e os processos do pensamento são a maior parte escondida debaixo da superfície. Um esquema é o lugar psicológico da relação dialética entre gestos e invariantes de funcionamento, isto é, entre atividade e pensamento. “As invariantes de funcionamento envolvidas no esquema guiam os gestos e, ao mesmo tempo, a repetição desses gestos, num dado ambiente, instalam na mente um conhecimento particular” (Trouche, 2004, p. 286). Reflexos de esquemas podem ser encontrados em ações de utilização da calculadora para resolver um sistema de duas equações com duas incógnitas, por exemplo.

Rabardel e Samurçay (2001) distinguem ainda os esquemas sociais construídos e partilhados em comunidades de prática. Como os artefactos envolvem sempre um elemento social e são produtos de experiências sociais, é impossível distinguir, por um lado estruturas cognitivas (esquemas) e por outro lado, sistemas culturais. Os esquemas envolvem sempre uma parte social e a génese instrumental envolve sempre aspetos individuais e sociais. Esta noção de esquema social é muito próxima da de abstração situada definida por Noss e Hoyles (1996) como uma construção complexa, produto da atividade, do contexto, da história e da cultura.

O equilíbrio entre os aspetos individuais e os sociais depende de fatores materiais (a calculadora está mais associada ao trabalho individual enquanto que o computador conduz melhor ao trabalho em pequenos grupos), da disponibilidade dos artefactos (os professores só podem usar computadores se as escolas os possuírem ou os alunos os puderem trazer de casa), e da atitude do professor para utilizar o artefacto e na integração deste em atividades de aula.

Do que se discutiu até aqui pode-se concluir que o instrumento é o resultado de uma construção pelo sujeito numa comunidade de prática, com base num determinado *artefacto*, através de um processo, a *génese instrumental*. Esta pode ser vista como a combinação de dois processos: um processo de *instrumentação* direcionado pela emergência e pela evolução das componentes do *artefacto*, por exemplo, o reconhecimento progressivo das suas potencialidades e restrições; e um processo de *instrumentalização*, direcionado para a construção e o desenvolvimento dos *esquemas de utilização* pelo sujeito (figura 1.). Os dois processos são orientados para fora e para dentro, respetivamente a partir do sujeito para o *artefacto* e vice-versa, e constituem as duas partes inseparáveis da *génese instrumental*. A descoberta progressiva dos sujeitos sobre as propriedades (intrínsecas) do *artefacto* é acompanhada pela adaptação dos seus sistemas, bem como de mudanças no significado do

*instrumento* resultante da associação do *artefacto* com os novos *esquemas* (Rabardel 2002, p. 108).

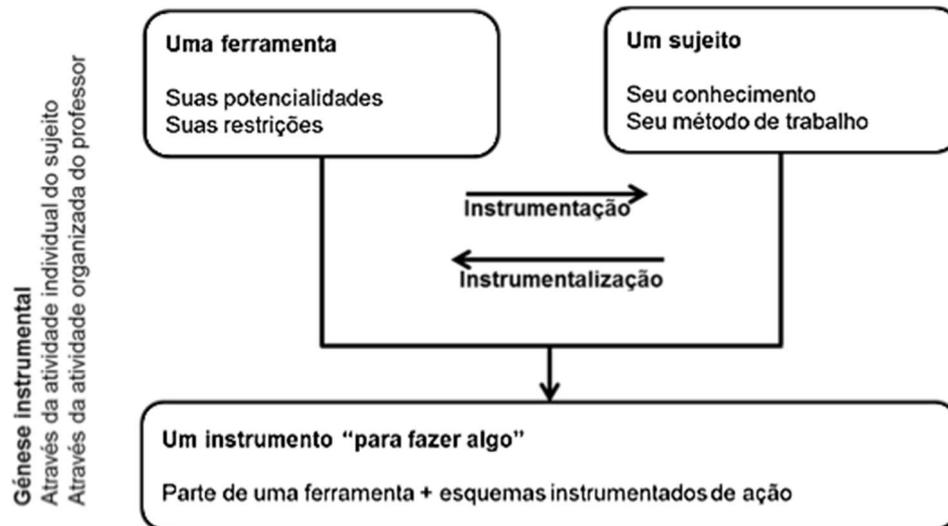


Fig. 1. A *gênese instrumental* como combinação de dois processos (Trouche, 2004, p. 289).

Trouche e Drijvers ilustram como estes dois processos contribuem para o desenvolvimento de um instrumento: “durante a *gênese instrumental* é estabelecida uma relação bilateral entre o artefacto e o utilizador, ao passo que o conhecimento do aluno guia a forma como a ferramenta é usada e em certo sentido molda a ferramenta (*instrumentalização*), as potencialidades e limitações da ferramenta influenciam as estratégias de resolução de problemas do aluno e as correspondentes concepções emergentes (*instrumentação*)” (Trouche e Drijvers 2010, p. 673). Os esquemas de utilização podem ou não ser consistentes com os objetivos pragmáticos para o qual o artefacto foi concebido, basicamente, eles estão relacionados com a experiência fenomenológica do utilizador, e de acordo com esta experiência, eles podem ser modificados ou integrados.

Gueudet e Trouche (2012) aplicam o conceito de *gênese instrumental* aos processos de ensino denominando-o *gênese documental* e definem o documento como a construção de esquemas de utilização na ação dos professores mediada pelos recursos didáticos. No seu trabalho didático, o professor, para uma dada classe de situações, integra, modifica e transforma um conjunto de recursos de natureza variada (figura 2).

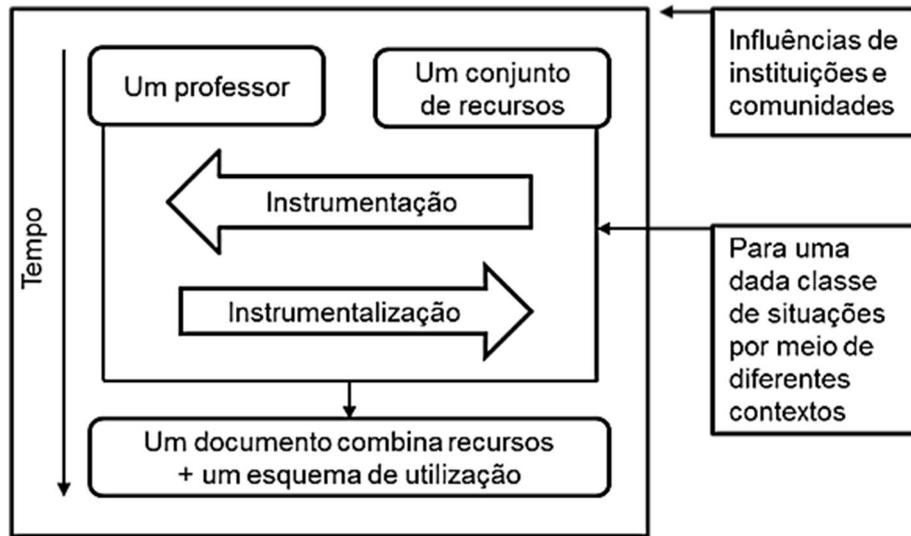


Fig. 2. A *gênese documental* (adaptado de Guedet e Trouche, 2012, p. 26).

Drijvers and Trouche (2008) distinguem dois esquemas de utilização, os esquemas de uso e os esquemas instrumentados de ação, para estudar a atividade dos alunos com artefactos tecnológicos, como a calculadora gráfica e os computadores. Os esquemas de uso são os que resultam da atividade inicial dos alunos com um artefacto. Os alunos são confrontados com as potencialidades e restrições do artefacto nas suas atividades para resolver um problema. Por exemplo: ajustar o contraste do ecrã de um computador. Os esquemas instrumentados de ação são os que resultam de um desempenho específico orientado por uma tarefa. Os alunos personalizam o artefacto para resolver o problema. Por exemplo: estudar o limite de uma função com o computador.

Teixeira (2014) estende a definição de esquemas de uso e esquemas instrumentados de ação ao estudo da interação dos professores com uma nova tipologia de recursos didáticos. Os esquemas de uso são os que resultam do primeiro contato dos professores com os recursos tecnológicos. Os professores são confrontados com as potencialidades e restrições destes recursos. Depois, replicam, adaptam ou improvisam, uma tarefa para lecionar um conteúdo matemático, com a utilização dos recursos tecnológicos. Os esquemas instrumentados de ação são os que resultam da reflexão dos professores sobre os seus desempenhos didáticos na aula em que aplicam uma tarefa que planificaram com a utilização dos recursos tecnológicos.

A figura 3 representa os *processos de instrumentação e instrumentalização* e os *esquemas de utilização* que lhes estão associados separados em *esquemas de uso* e *esquemas instrumentados de ação*, respetivamente. O professor constrói *esquemas de utilização* que lhe permitem transformar o *artefacto* num *documento*. A construção destes esquemas por parte dos professores constitui a *gênese documental*.

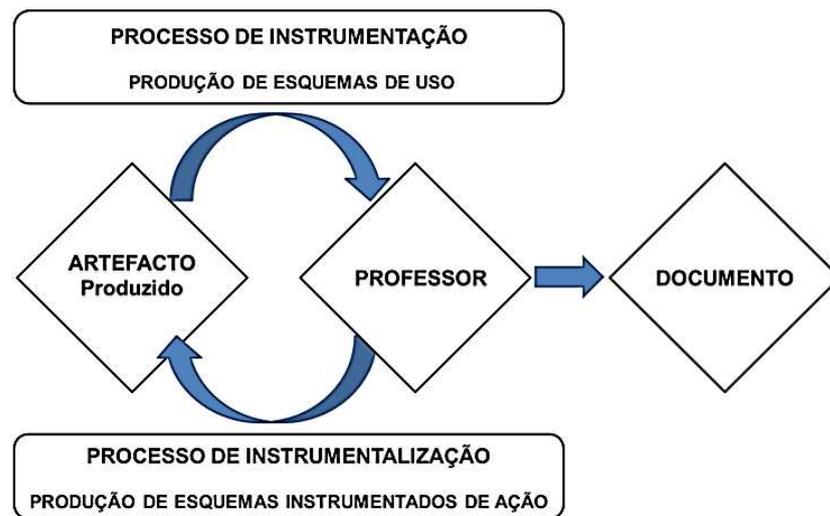


Fig. 3. Os processos de instrumentação e de instrumentalização da gênese documental (Teixeira, 2014, p. 107).

Os conteúdos dos recursos, o seu formato tecnológico, as características dos alunos, as indicações metodológicas do currículo prescrito e os ambientes tecnológicos disponíveis nas escolas, nomeadamente, o número de computadores por aluno e a distribuição dos recursos tecnológicos na turma são aspetos que condicionam os *esquemas de utilização* dos professores.

### Metodologia

Pretendíamos saber como professores de Matemática se apropriam do novo tipo de recursos tecnológicos que acompanham os manuais escolares e os integram na sua prática pedagógica. Para tal, a recolha de dados teve lugar durante a realização de três ações de formação de professores de Matemática com a duração de três meses cada que decorreram duas em 2009 e outra em 2011 e que totalizaram 95 sessões de trabalho centradas no estudo de materiais propostos pelas editoras como complemento dos livros de texto. Participaram 63 professores de 24 escolas básicas e secundárias públicas da zona da Grande Lisboa, 21 na primeira ação, 22 na segunda e 20 na terceira.

Como o desenvolvimento dos esquemas de utilização associados à gênese documental é um processo contínuo e prolongado, os professores foram acompanhados durante um período letivo, sensivelmente, três meses, durante a sua participação numa oficina de formação contínua. Assume-se que os recursos documentais recolhidos (tarefas, fichas de trabalho, guiões de utilização de um determinado *software*, instrumentos de avaliação, etc.), em conjunto com os registos das interações ocorridas durante as ações de formação, representam uma amostra dos esquemas de utilização desenvolvidos na ação mediada pelos recursos tecnológicos. Os professores foram acompanhados durante o seu trabalho com os recursos tecnológicos, numa primeira fase, durante a preparação de planos de aula com a utilização dos recursos tecnológicos, e numa segunda fase, após a aplicação dos planos de aula, na reflexão sobre os seus desempenhos didáticos. Assume-se que o acompanhamento do trabalho produzido ao longo da ação de formação serve o objetivo pragmático de recolher as

produções dos professores antes e depois das aulas e permite o retorno sobre a sua postura reflexiva (Schön, 1983) sobre as decisões tomadas.

As ações dos professores com os recursos tecnológicos que acompanham os manuais na preparação de cenários de exploração didática e a reflexão sobre o seu desempenho didático após a aplicação das aulas constituíram a unidade de análise.

### **O modelo das ações de formação**

A intervenção dos investigadores nas ações de formação de professores foi estruturada de acordo com a ideia central de estas deveriam funcionar como ponto de partida para o trabalho dos professores com os seus alunos, equacionando e desencadeando situações concretas de exploração das tecnologias disponíveis em cada contexto e no quadro das planificações de escola e dos respetivos projetos curriculares de turma. Por sua vez, a atividade curricular desenvolvida por alunos e professores constituiria a oportunidade privilegiada de reflexão, quer no que respeita às estratégias e recursos utilizados e suas implicações nas práticas de trabalho, quer no que respeita aos resultados conseguidos e aos benefícios que o uso dos recursos tecnológicos terá, ou não, proporcionado, de forma a conduzir a novas necessidades e oportunidades de formação, e assim sucessivamente.

O modelo aplicado teve os seguintes focos:

- A mudança de atitudes dos professores face às tecnologias de informação e comunicação e o seu potencial para uso em contexto educativo.
- Uma estrutura centrada não apenas na aquisição de conhecimentos sobre as tecnologias, mas, sobretudo, no modo de adquirir esse conhecimento, sendo particularmente relevantes as oportunidades de exploração concreta em aula e a possibilidade de recurso aos formadores à medida que aplicaram as suas ideias na prática (segundo as sugestões de Showers, Joyce e Bennett, 1987).
- Uma especial atenção ao desenvolvimento da capacidade de manipular as novas tecnologias enquanto ferramentas de aprendizagem, em sintonia com a reflexão sobre os novos papéis do professor e tendo como objetivo ajudar os alunos a serem eles próprios construtores de currículo, a refletirem sobre o que estão a aprender, a desenvolver estratégias de aprendizagem autónomas, com a utilização da tecnologia (segundo as recomendações da UNESCO, 2002).
- A familiarização com os recursos tecnológicos e a reflexão sobre as respetivas potencialidades de exploração pedagógica, envolvendo diretamente os professores na análise dos materiais disponíveis. Em vez da ênfase de uma avaliação centrada na produção de juízos de valor quantitativos, de caráter sumativo e normalmente reduzidos a sistemas de classificação muito redutores, aos professores foi dada a oportunidade de se envolverem no processo de análise e formulação de juízos de valor qualitativo e descritivo, constituindo esse mesmo processo uma estratégia privilegiada de formação em ordem a uma maior e pedagogicamente mais adequada utilização do software em atividades curriculares (acompanhando a visão de Costa e Viseu, 2007).
- A análise de cada recurso feita em torno da reflexão com base em critérios predominantemente pedagógicos, como a pertinência, relevância e adequação aos objetivos curriculares e aprendizagens de caráter transversal.

A formação contínua de professores segundo o modelo do Ministério da Educação português prevê modalidades em contexto de prática docente e a modalidade Oficina de Formação, centrada no saber-fazer prático ou processual, pareceu adequar-se ao estudo e propunha-se produzir nos formandos os seguintes efeitos ao nível da prática:

- Refletir sobre as vantagens e desvantagens dos recursos tecnológicos de apoio aos manuais.
- Refletir sobre diferentes formas de rentabilizar os equipamentos nas aprendizagens dos alunos.
- Selecionar tarefas a partir destes materiais, no contexto dos programas de Matemática.
- Experimentar em aula pelo menos uma das tarefas desenvolvidas.
- Criar mecanismos de recolha de evidências das aprendizagens dos alunos ajustados às tarefas desenvolvidas.

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 de cenários de exploração didática, explicitando os seus componentes: artefactos disponíveis, a situação matemática e configuração de modos de exploração.
6. Aplicação nas turmas dos formandos.
7. Apresentação da reflexão sobre o desempenho didático.

As 35 horas presenciais de cada uma das três oficinas de formação decorreram durante dez sessões de três horas e a última teve a duração de cinco horas. Todos os materiais produzidos (análise e descrição dos conteúdos dos recursos tecnológicos que acompanhavam os manuais, documentos propostos nas aulas que envolveram a utilização dos recursos, e análise descritiva dessas aulas) foram partilhados numa plataforma informática. Nas sessões, os professores organizaram-se em pequenos grupos, da mesma escola ou a lecionar o mesmo ano de escolaridade, selecionaram conteúdos e, após análise dos recursos tecnológicos, começaram a definir os cenários de exploração didática (planos de aula), que iriam aplicar nas suas turmas. Para além dos recursos tecnológicos que acompanham os manuais, os formandos poderiam recorrer a tarefas aplicadas nas turmas-piloto na experimentação dos novos programas, tarefas obtidas na internet, entre outras. Depois, em grande grupo foram apresentadas e discutidas as componentes deste cenário (artefactos disponíveis, a situação matemática, as configurações dos modos de exploração, etc.). A cada professor foi deixada a liberdade de integrar na sua planificação as propostas dos formadores e dos pares. Após aplicação nas suas turmas, cada professor apresentou as reflexões sobre o seu desempenho didático que foram discutidas em grande grupo.

### Os professores e a transformação do artefacto em instrumento

O quadro 1 apresenta a frequência dos esquemas de utilização da génese instrumental que resulta da análise das produções escritas. Os esquemas de uso definidos pela descrição dos conteúdos do recurso tecnológico ainda que com um grau de pormenor diferente aparecem em todas as produções, mas, como se conclui do quadro, os esquemas instrumentados de ação não têm grande expressão nas duas primeiras oficinas de formação.

Quadro 1. Frequência dos esquemas de utilização da génese instrumental.

Oficinas	Esquemas de utilização	
	Esquemas de uso	Esquemas instrumentados de ação
Oficina de formação A	Todos	2
Oficina de formação B		3
Oficina de formação C		8

Apresentam-se em seguida exemplos de esquemas de uso dos professores através de algumas transcrições das produções escritas que apenas contêm uma descrição dos conteúdos dos recursos tecnológicos. Por exemplo, o grupo 2 da Oficina A apresenta simplesmente uma listagem dos conteúdos do CD-ROM para o 9.º ano da editora D.

Conteúdos programáticos do 9º ano  
 Adequado ao programa em vigor  
 Abordagens didáticas  
 - Vídeos introdutórios de cada conteúdo  
 - Explicação interativa  
 - Exercícios interativos  
 - Testes no final de cada capítulo  
 - Teste global

(Produção do grupo 2 da oficina de formação A)

Apesar destes professores terem também analisado o endereço electrónico de outra editora, não há qualquer análise comparativa entre os dois recursos.

Nas Oficinas B e C, alguns grupos também apresentaram meras listagens dos conteúdos. Por exemplo, a produção seguinte é apenas uma listagem dos conteúdos do CD-ROM do 7º ano da editora C e do CD-ROM do 8º ano da editora D:

O CD apresenta alguns itens que poderão ser explorados:  
 Apresentação (PDF); Ser Professor de Matemática (PDF);  
 Parte 1-Desenvolvimento Curricular; Parte 2-Guião do Professor;  
 Parte 3-Fichas; Parte 4-Registos do Professor;  
 Parte 5-Preparação de Exames; Parte 6-Transparências;  
 Parte 7- Fichas de Lógica (contém 10 fichas); Parte 8-The Geometer's Sketchpad (dois documentos);

Refira-se que os documentos existentes no CD, até à parte 5 (inclusive) encontram-se no Livro do Professor. O CD permite optar por ouvir a música instrumental que possui.

(Produção do grupo 2 da oficina de formação B)

Seguem-se dois exemplos que já envolvem esquemas instrumentados de ação. No primeiro o grupo explicita como pretende utilizar os conteúdos do recurso tecnológico.

A atividade a realizar será implementada no 7º ano de escolaridade, capítulo Semelhança de Figuras, e terá como intuito a exploração de uma tarefa recorrendo-se ao *software* Geogebra e posteriormente a apresentação de aplicação interativa existente na plataforma (...) a qual, mostra o processo de Ampliação/Redução de uma figura semelhante recorrendo ao Método de Homotetia.

(Produção do grupo 2 da oficina de formação C)

No segundo exemplo o grupo apresenta um esquema instrumentado de ação, e, para além de uma síntese das ações planeadas, refere as limitações da escola.

Por o livro adotado na escola ser o da [editora B], temos acesso a quase todos os recursos interativos [plataforma B], bem como o e-manual. Contudo para a sua visualização é necessário que o computador esteja ligado à internet. Nesta escola os projetores são emparelhados com os computadores via Wireless, não sendo possível os computadores estarem ligados a redes diferentes inviabilizando a utilização do e-manual em sala de aula.

(Produção do grupo 7 da oficina de formação C)

A transformação do artefacto em instrumento não se processou da mesma forma para todos os professores. Assim, na fase de análise das potencialidades e restrições dos recursos tecnológicos, algumas produções que envolvem tanto esquemas de uso, como esquemas instrumentados de ação evidenciam que os professores desenvolveram esquemas de utilização que lhes permitiram a transformação do artefacto em instrumento. Os dois processos da génese instrumental, a instrumentação e a instrumentalização ocorreram aqui em simultâneo. O professor apropria o recurso tecnológico na análise que faz das suas restrições e potencialidades e, ao mesmo tempo, evidencia a integração do recurso tecnológico numa configuração didática com o seu uso no contexto da sua escola e dos seus alunos. As transformações da ação do artefacto em relação ao professor e no sentido da ação do professor em relação ao artefacto ficam completas, têm lugar os dois processos da génese instrumental.

Noutros casos, no entanto, os professores efetuaram a instrumentação e a instrumentalização em sequência. Efetivamente, todos os professores envolvidos nas oficinas

de formação individualmente ou em pequenos grupos prepararam cenários de exploração didática com a integração dos recursos tecnológicos ajustados aos contextos reais das suas escolas, por conseguinte, pode afirmar-se que, ainda que em fases diferentes, todos os professores desenvolveram esquemas de utilização que permitiram a transformação do artefacto em instrumento.

No processo de instrumentação, os professores experimentam os recursos nas suas aulas e modificam esses recursos, incorporando-os nas suas próprias experiências. Na instrumentalização, os recursos, quando implementados pelos professores nas aulas, contribuem para modificar as suas práticas. Tal como Drijvers e Trouche alertam (2008), algumas condições devem estar reunidas para que tais processos aconteçam: os recursos devem ser flexíveis deixando em aberto possíveis escolhas didáticas para o professor; devem incluir o cenário de exploração, por forma a apoiar o professor quando este o aplica; devem incluir relatórios de experimentação para que possa ser tornada social cada experiência do professor. Por último, é necessária uma orquestração instrumental para organizar as relações dentro da comunidade e a interação entre os professores e os recursos.

### Os instrumentos e a reflexão

Os instrumentos produzidos pelos professores foram parte integrante dos cenários de exploração didática. Para os estudar foi utilizada a caracterização proposta por Brown (2009) que define três formas de interação entre os professores e os materiais curriculares: *replica*, *adapta* e *improvisa*. No primeiro caso o professor copia as propostas do material curricular na íntegra. No segundo segue as sugestões apresentadas no material curricular, mas adapta-as ao seu contexto e às suas preferências. No terceiro caso o professor segue as suas próprias ideias. O quadro 2 mostra a frequência destas formas de interação.

Quadro 2. Frequência das formas de interação entre os professores e os recursos tecnológicos por oficina de formação.

Oficina de Formação	Forma de interação		
	Replica	Adapta	Improvisa
A	6	5	
B	11		
C	7	2	5

Do quadro 2 sobressai que na relação com o instrumento produzido, a opção mais frequente foi a replicação e depois a adaptação de propostas dos manuais ou dos recursos tecnológicos ou outros. O desenvolvimento de materiais autónomos apenas ocorreu na última oficina e em pequeno número.

Quanto às opiniões dos professores sobre as suas aulas verificou-se que são, na sua maioria, descrições genéricas das aulas onde foram aplicados os cenários de exploração didática. Apenas em alguns casos os professores refletem sobre as potencialidades e restrições dos cenários de exploração didática que desenvolveram. O quadro 3 sintetiza a ocorrência de

processos de reflexão no desenvolvimento das produções dos professores agregando todas as Oficinas.

Quadro 3. Reflexão nas produções dos professores.

Categorias	n	n
Ocorre reflexão significativa		14
O professor reflete sobre o artefacto tecnológico	5	
O professor reflete sobre a tarefa	4	
O professor reflete sobre o seu papel	3	
O professor reflete sobre as produções dos alunos obtidas em aula	1	
O professor reflete sobre o currículo prescrito	1	
Não ocorre reflexão significativa		25
Total		39

Das doze produções obtidas na Oficina de Formação A, apenas em cinco os professores refletem sobre os artefactos tecnológicos aplicados na aula e sobre as tarefas. Em apenas duas das doze da Oficina B os professores refletem sobre o artefacto tecnológico e sobre as produções dos alunos obtidas na aula. Finalmente, das quinze da Oficina C, apenas em sete os professores refletem sobre pelo menos uma das componentes dos cenários de exploração didática.

Segue-se um exemplo em que uma professora *reflete sobre o artefacto produzido* e sustenta as suas decisões para uma futura utilização do guião, nos resultados obtidos com a aplicação na aula.

Pelos resultados obtidos, penso que o guião está bem conseguido pois os alunos têm facilidade em executá-lo e chegarem aos resultados pretendidos. Mesmo assim, caso volte a utilizar este guião, tenciono melhorar os seguintes aspetos:

- No exercício 1, alínea 4, onde se lê “Constrói uma figura semelhante a esta, em que todas as medidas correspondentes devem ter um terço do tamanho das da Figura 2”, alteraria para “Constrói uma figura semelhante a esta, em que todas as medidas correspondentes devem ter um quarto do tamanho das da Figura 2” para que depois o quociente fosse dar uma dízima finita.
- Na terceira coluna das tabelas existentes no exercício 2, onde está escrito “Quociente entre as medidas dos comprimentos correspondentes das duas figuras” substituiria por “Quociente entre as medidas dos comprimentos da figura resultante e as medidas dos comprimentos da figura inicial”.

(Desempenho didático 6 da oficina de formação C)

Esta reflexão é sobre um cenário de exploração didática que envolveu uma aula do 7º ano. Na sala havia um computador com um projetor e ligação à internet e outros computadores. Como recursos tecnológicos, foi escolhido para além do *Geogebra*, o CD-ROM que acompanha o manual adotado na escola. A situação matemática foi a introdução à construção de figuras (ampliação/redução). A professora improvisou uma ficha de apoio ao trabalho dos alunos, com instruções de utilização do *Geogebra* para a construção de figuras semelhantes e com questões para conduzir os alunos à generalização das relações. O tema foi

introduzido pela professora através de uma apresentação disponibilizada no CD-ROM conduzindo os alunos ao conceito de forma e figuras semelhantes. Em seguida, em pequenos grupos, os alunos procederam à construção de ampliações e reduções de figuras seguido o guião elaborado pela professora.

### **Conclusões**

Apesar de nas produções orais apresentadas pelos professores terem sido reportadas experiências de ensino com situações de aprendizagem que não teriam sido bem-sucedidas, todas elas foram aparentemente bem aceites pelos alunos e potenciadoras de aprendizagens significativas, segundo os resultados de questionários passados aos alunos no final da intervenção. De facto os professores tiveram a preocupação de apresentar aos alunos situações de aprendizagem ativas, o que em alguns casos foi além da utilização que os recursos tecnológicos sugeriam. Sempre que as ferramentas propostas pelo professor possibilitaram 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, as reflexões sobre o desempenho didático dos professores foram mais descritivas das ações desenvolvidas nas aulas, do que reflexivas sobre a experiência pedagógica. Os professores apresentaram pouca evidência de reflexão sobre as potencialidades e restrições dos documentos produzidos. Em poucos trabalhos é possível identificar os esquemas de utilização dos recursos tecnológicos enquanto artefactos documentais que evidenciem a sua transformação em documento.

Foi visível a manifestação de interesse dos professores no trabalho com este novo recurso didático e com o seu formato tecnológico. Saliente-se que a participação dos professores nas Oficinas foi voluntária, não tendo sido feita qualquer seleção prévia dos participantes. Reforce-se ainda que a adesão não esteve relacionada com a falta de oferta formativa na zona, o que torna visível a vontade dos professores, também manifestada nos relatórios, em receber formação sobre os recursos tecnológicos que acompanham os manuais e consequentemente integrá-los nas suas práticas letivas de forma significativa para a aprendizagem dos seus alunos.

### **Referências**

- Adler, J. (2000). Conceptualising resources as a theme for teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 3, 205–224.
- Bartolini Bussi, M. G., e Mariotti, M. A. (2008). Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artifacts and signs after a Vygotskian perspective. Em L. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp. 750-787). Mahwah, NJ: LEA.
- Bottino, R., e Chiappini, G. (2002). Advanced technology and learning environments: their relationship within the Arithmetic problem-solving domain. Em L. English (Eds.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp. 757–786). Mahwah, NJ: Erlbaum.

- 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). Nova Iorque: Routledge.
- Cerulli, M. (2004). Introducing pupils to algebra as a theory: *L'Algebrista as an instrument of semiotic mediation*. Unpublished doctoral dissertation, Università di Pisa, Scuola di Dottorato in Matematica.
- Costa, F., e Viseu, S. (2007). Formação-Ação-Reflexão: um modelo de preparação de professores para a integração curricular das TIC. Em *As TIC na educação em Portugal concepções e práticas* (pp. 238-259). Porto: Porto Editora.
- Drijvers, P., e 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., e Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(2), 199–218.
- Gueudet, G., Trouche, L. (2012). Communities, Documents and Professional Geneses: Interrelated Stories. Em G. Gueudet, B. Pepin, e L. Trouche (Eds.), *From text to 'lived' resources: mathematics curriculum materials and teacher development* (pp. 305-322). Berlin: Springer.
- Leont'ev, A. N. (1979). The problem of activity in psychology. In J. V. Wertsch (Ed.), *The concept of activity in soviet psychology* (pp. 37-71). Armonk, Nova Iorque: M.E. Sharpe.
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart: Defending human attributes in the age of machine*. Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Noss, R., e Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning cultures and computers*. Dordrecht: Kluwer.
- Rabardel, P. (1995) *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Rabardel, P. (2002). People and technology: A cognitive approach to contemporary instruments. Acedido em [http://ergoserv.psy.univ-paris8.fr/Site/default.asp?Act\\_group=1](http://ergoserv.psy.univ-paris8.fr/Site/default.asp?Act_group=1) em março 2013.
- Rabardel, P., e Samuçay, R. (2001). From artifact to instrumented-mediated learning, New challenges to research on learning. International symposium organized by the Center for Activity Theory and Developmental Work Research, University of Helsinki, March 21–23.
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211–246.
- Schon, D. (1983). *The reflective Practitioner: How professionals think in action*. Nova Iorque: Basic Books.
- Showers, B., Joyce, B., e Bennett, B. (1987). Synthesis of research on staff development: A framework for future study and state-of-the-art analysis. *Educational Leadership*, 45(3), 77-87.
- Teixeira, P. C. A. (2015). *Construindo novas ferramentas didáticas em matemática: professores, aula e recursos tecnológicos*. (Dissertação doutoral), Universidade Nova de Lisboa.

- 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., e Drijvers, P. (2010). Handheld technology: Flashback into the future. *The International Journal on Mathematics Education (ZDM)*, 42(7), 667-681.
- UNESCO (2002). *Information and Communication Technologies in Teacher Education: planning Guide*. Paris: UNESCO.
- Vergnaud, G. (1998). Toward a cognitive theory of practice. Em A. Sierpiska e J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 227-241). Dordrecht: Kluwer.
- Verillon, P., e Rabardel, P. (1995). Cognition and artifacts: A contribution to the study of thought in relation to instrument activity. *European Journal of Psychology in Education*, 9(3), 1-33.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wertsch, J. V. (1998). *Mind as action*. Nova Iorque: Oxford University Press

**Paula Cristina Teixeira**

Agrupamento de Escolas João de Barros, Portugal

**E-mail:** teixeirapca@gmail.com

**José Manuel Matos**

Universidade Nova de Lisboa, Portugal

**E-mail:** jmm@fct.unl.pt