

# Concepções dos Professores de Matemática e Processos de Formação<sup>1</sup>

João Pedro da Ponte, *Universidade de Lisboa*

O interesse pelo estudo das concepções dos professores, tal como aliás pelo estudo das concepções de outros profissionais e de outros grupos humanos, baseia-se no pressuposto de que existe um substracto conceptual que joga um papel determinante no pensamento e na acção. Este substracto é de uma natureza diferente dos conceitos específicos – não diz respeito a objectos ou acções bem determinadas, mas antes constitui uma forma de os organizar, de ver o mundo, de pensar. Não se reduz aos aspectos mais imediatamente observáveis do comportamento e não se revela com facilidade – nem aos outros nem a nós mesmos.

As concepções têm uma natureza essencialmente cognitiva. Actuam como uma espécie de filtro. Por um lado, são indispensáveis pois estruturam o sentido que damos às coisas. Por outro lado, actuam como elemento bloqueador em relação a novas realidades ou a certos problemas, limitando as nossas possibilidades de actuação e compreensão.

As concepções formam-se num processo simultaneamente individual (como resultado da elaboração sobre a nossa experiência) e social (como resultado do confronto das nossas elaborações com as dos outros). Assim, as nossas concepções sobre a Matemática são influenciadas pelas experiências que nos habituámos a reconhecer como tal e também pelas representações sociais dominantes. A Matemática é um assunto acerca do qual é difícil não ter concepções. É uma ciência muito antiga, que faz parte do conjunto das matérias escolares desde há séculos, é ensinada com carácter obrigatório durante largos anos de escolaridade e tem sido chamada a um importante papel de selecção social. Possui, por tudo isso, uma imagem forte, suscitando medos e admirações.

A Matemática é geralmente tida como uma disciplina extremamente difícil, que lida com objectos e teorias fortemente abstractas, mais ou menos incompreensíveis. Para alguns salienta-se o seu aspecto mecânico, inevitavelmente associado ao cálculo. É uma ciência usualmente vista como atraindo pessoas com o seu quê de especial. Em todos estes aspectos poderá existir uma parte de verdade, mas o facto é que em conjunto eles representam uma

grosseira simplificação, cujos efeitos se projectam de forma intensa (e muito negativa) no processo de ensino-aprendizagem.

Os professores de Matemática são os responsáveis pela organização das experiências de aprendizagem dos alunos. Estão, pois, num lugar chave para influenciar as suas concepções. Como vêem eles próprios a Matemática e o modo como se aprende Matemática? Qual a relação entre as suas concepções e as dos seus alunos? Que sentido faz falar de concepções, distinguindo-as de outros elementos do conhecimento, como por exemplo, das crenças?<sup>2</sup> Qual a relação entre as concepções e as práticas? Qual a dinâmica das concepções, ou seja, como é que estas se formam e como é que mudam? Qual o papel que nestas mudanças podem ter os processos de formação?

A discussão destas questões constitui o objectivo deste texto. A produção teórica sobre as crenças, os saberes profissionais e as práticas dos professores tem sido muito intensa, destacando-se pela sua influência os trabalhos de Shulman (1986) e Schön (1983). Igualmente de grande importância é o estudo dos aspectos culturais da profissão docente cuja síntese nos é feita por Feiman-Nemser e Floden (1986). No que respeita especificamente à educação matemática, são de especial interesse os recentes textos de Alba Thompson (1992) e Elisabeth Fennema e Megan Leof (1992). Procurarei referir-me a algumas das ideias essenciais destes trabalhos, confrontando-as com a teorização e a investigação que se tem vindo a desenvolver em Portugal, tanto no domínio das concepções como no que respeita à formação, e lançar um conjunto de perspectivas e interrogações que poderão estimular futuros esforços nesta área.

### **Concepções e saber**

O estudo das concepções dos professores tem de se apoiar necessariamente num quadro teórico respeitante à natureza do conhecimento. O que podemos dizer acerca do processo de construção dos saberes? Poderemos distinguir tipos diversos de conhecimento com diferenças marcadas entre si? Que relações mútuas podemos estabelecer entre as concepções e o conhecimento? Infelizmente, no quadro deste trabalho não cabe uma discussão muito pormenorizada de todas estas questões. Assim, teremos que nos limitar apenas a uma esquematização de algumas ideias básicas a seu respeito (ver a figura 1).

---

<sup>1</sup> Artigo publicado em 1992, em J. P. Ponte (Ed.), *Educação matemática: Temas de investigação* (pp. 185-239). Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

<sup>2</sup> Neste texto, o termo *crença* será usado como tradução da palavra inglesa *belief*. Por outro lado, *saber* e *conhecimento* são tomados como sinónimos.

## A natureza do saber

### *Metáforas sobre a aprendizagem e o saber*

A nossa compreensão das coisas passa muito pelo estabelecimento e pela exploração de boas metáforas. Podemos dizer que elas estão muito ligadas às concepções, sendo justamente uma das principais formas de as exprimir<sup>3</sup>.

Ao longo dos tempos muitas metáforas têm sido propostas para pensar sobre a aprendizagem, cada uma das quais traz explícita ou implícita uma concepção sobre o saber. No *diálogo socrático*, que inspira as versões mais estruturadas do método da descoberta guiada, o saber é visto como sendo preexistente e independente da criança. Noutra metáfora, a criança é encarada como uma *planta*, por cujo crescimento vai cuidando o professor-jardineiro, que prepara os adubos (ou seja, as actividades de aprendizagem), afasta os parasitas e procura estabelecer as condições ambientais adequadas. O desenvolvimento do saber, embora mais ou menos facilitado por uma acção exterior, tem aqui uma determinação essencialmente genética. Na metáfora do *aprendiz*, a criança vai acompanhando e observando o seu mestre, vendo como este faz, assumindo responsabilidades cada vez maiores, até atingir a plena maturidade. O saber assume uma forma algo difusa, sendo essencialmente prático, tácito, difícil de descrever e de formalizar. Na *escola de samba* (segundo nos diz Papert, 1980), todos são mestres e aprendizes ao mesmo tempo. É a expressão máxima de um ambiente vocacionado para estimular a criatividade, dando excelentes resultados na preparação dos carnavais cariocas... Resta saber qual o seu real alcance noutros domínios da actividade humana.

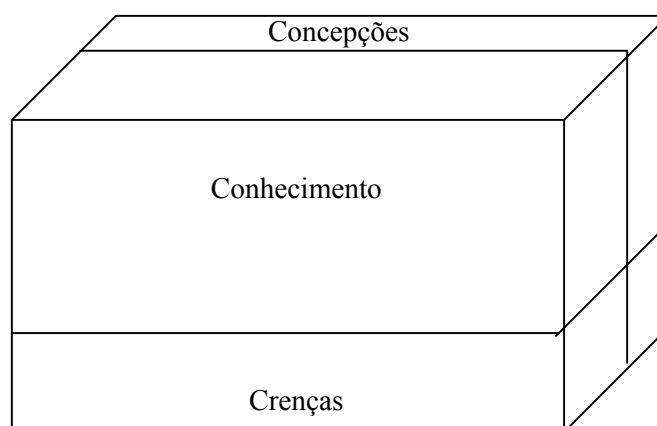


Figura 1: Concepções, conhecimento e crenças

<sup>3</sup> Ver, por exemplo, Alarcão (1991, p. 17, nota 3), ou então Taylor et al. (1984).

Abordarei duas outras metáforas que me parecem particularmente significativas para a aprendizagem da Matemática. A primeira é a do *matemático criativo* a fazer a sua investigação (Ver por exemplo Ponte e Abrantes, 1982; von Glasersfeld, 1983, p. 67; Confrey, 1990, p. 12). é uma metáfora sem dúvida poderosa e que tem vindo a conhecer crescente divulgação. Procura reter o elemento activo e criativo no processo de construção do saber matemático. Ao aluno, mais do que assimilar o saber já constituído, cabe-lhe investigar situações, resolver problemas por si próprio formulados, e mesmo inventar conceitos e notações.

Esta metáfora, tem, no entanto, diversas limitações. O paralelo apenas é sustentável até certo ponto. Por um lado, o matemático é-o por escolha profissional, e para ser bem sucedido tem que investir afectiva e pessoalmente na sua actividade diária imensas energias. Não só trabalha muitas horas por dia como mesmo quando se dedica a outras tarefas o seu inconsciente continua a trabalhar nos problemas que lhe interessam (Poincaré, 1948). Ora o aluno tem que trabalhar em Matemática porque a isso é obrigado pela escola; muitas vezes não tem qualquer interesse especial por este assunto, não sendo fácil ao professor levá-lo a assumir uma outra atitude.

O matemático, por cada momento de criatividade tem muitos momentos de trabalho rotineiro e de árduo estudo. Além disso, trabalha com ideias sofisticadas e tem ao seu alcance formidáveis recursos que derivam do seu conhecimento de domínios mais ou menos vastos e de uma grande experiência anterior. Não é possível transpor estas condições para um aluno colocado perante uma tarefa necessariamente elementar e dispondo de recursos forçosamente limitados.

Finalmente, quando se evoca esta metáfora, nem sempre se sublinha o grande esforço que os matemáticos fazem para a compreensão dos conceitos e resultados já existentes e a sua grande capacidade de concentração e de resistência à frustração, elementos indispensáveis à sua sobrevivência profissional.

Gostaria de propor uma nova metáfora. Trata-se da metáfora do *engenheiro*. Ou seja, da pessoa que colocada perante uma situação concreta procura lançar a mão dos diferentes métodos e abordagens ao seu alcance, eventualmente modificando-os e combinando-os, de modo a construir uma solução satisfatória.

Comparar a Matemática dos matemáticos com a dos engenheiros é certamente uma proposta arriscada. Os matemáticos valorizam de forma determinante o rigor e a consistência e não suportam os expedientes e o carácter por vezes mal justificado dos métodos a que é

preciso recorrer se se quer encontrar soluções para problemas práticos. Dizer de alguém que a sua concepção de Matemática é a de um engenheiro tem sido um dos insultos mais cultivados pela elite dos professores — o que bem atesta o domínio absoluto que a Matemática Pura tem exercido sobre o campo do ensino. No entanto, hoje em dia, a tendência é cada vez mais para ver a Matemática como um todo, considerando artificiosa e limitativa a distinção entre Matemática Pura e Matemática Aplicada (NCR, 1989), uma vez que as mesmas teorias podem ser vistas como "puras" ou "aplicadas", dependendo apenas da óptica com que são encaradas. É cada vez mais reconhecida a importância da capacidade de lidar com as estruturas e regularidades matemáticas mas também da capacidade de as aplicar a situações exteriores à Matemática. Desta forma, poderá esperar-se alguma aceitação para esta metáfora, que valoriza a capacidade dos alunos formularem situações em termos matemáticos (matematização) e aplicarem conceitos já seus conhecidos à resolução de problemas concretos, incluindo naturalmente a construção de modelos matemáticos (modelação)<sup>4</sup>.

### *Teorias sobre o saber*

Saxe (1991, p. 3) aponta três grandes escolas de pensamento no que se refere à natureza do conhecimento. A visão *empirista* é representada na Filosofia por Locke e na pedagogia por Gagné. Para ela o mundo exterior é a fonte do conhecimento, que se vai formando através da experiência. A posição *inatista*, tem origens filosóficas em Platão e como representantes actuais figuras como Chomsky e Fodor. Reconhece a necessidade de estruturas fundamentais de conhecimento para organizar a experiência em categorias e sistemas lógicos, e afirma que se tratam de estruturas geneticamente pré-programadas. Finalmente, a posição *construtivista*, tem Kant como principal referência filosófica. A sua relevância para o domínio da Psicologia resultante do trabalho de Piaget e a sua popularização nos círculos da educação matemática é devida a Ernest von Glasersfeld. Segundo ela, os aspectos fundamentais do conhecimento não vêm pré-formados nos genes nem são directamente adquiridos do mundo exterior, mas são antes construídos pelo próprio indivíduo.

A visão empirista fundamenta-se na boa adequação do nosso conhecimento ao mundo real, que se traduz pela nossa inegável capacidade de intervenção sobre ele. Mas tem dificuldade em dar conta de certos aspectos do pensamento, como a dedução lógica. A

---

<sup>4</sup> Podemos até imaginar uma fusão das duas metáforas, do matemático e do engenheiro, como correspondendo à forma moderna de encarar a Matemática, como um todo articulado do saber, que vale tanto por si mesmo como pelas suas possibilidades de servir de linguagem para a formulação de problemas das áreas mais diversas. A única dificuldade será arranjar uma designação que traduza o seu significado sem ambiguidade.

perspectiva inatista explica as situações de independência entre as estruturas cognitivas e a experiência, mas não permite compreender a variabilidade das formas cognitivas em diferentes culturas (Saxe, 1991). Pelo seu lado, o construtivismo procura ultrapassar o dilema da primazia do sujeito ou da realidade no conhecimento, encarando este não como uma “representação da realidade exterior, mas como constituindo a própria estrutura e organização da experiência” (von Glasersfeld, 1983, p. 49).

O construtivismo é um ponto de vista geral, que inclui múltiplas correntes. Para Saxe (1991, p. 4), na sua base está a noção de que os indivíduos constroem o seu conhecimento em interacção com o meio, em actividades orientadas por objectivos por si formulados. Trata-se de um processo dialéctico, uma vez que novo conhecimento leva à identificação de novos objectivos, e a persecução destes à criação de mais conhecimento. Na sua versão mais vulgarizada, a tese essencial do construtivismo é que os indivíduos não recebem passivamente o conhecimento do mundo exterior, mas constroem-no de uma forma activa. Trata-se de uma tese pacífica e de generalizada aceitação (Kilpatrick, 1987). Outra das suas teses, particularmente sublinhada pelos “construtivistas radicais”, diz respeito à própria noção de conhecimento. Enquanto que usualmente o conhecimento é entendido em termos de correspondência com o mundo exterior, para os construtivistas radicais conhecer é um processo adaptativo que organiza o nosso mundo de experiências. Pode apenas falar-se da sua compatibilidade e não da sua verdade. Assim não faz qualquer sentido falar de um mundo exterior existindo fora da mente humana porque nada podemos saber sobre ele (Kilpatrick, 1987). Este é um ponto de vista claramente mais controverso, de raiz idealista, que conduz a uma terminologia esotérica, chegando a roçar o ridículo<sup>5</sup>, e cujas consequências são bem mais difíceis de sustentar.

O construtivismo tem sido criticado pela sua falta de clareza em aspectos filosóficos, pela sua débil relação com a filosofia da Matemática e pela sua tendência para o dogmatismo e intolerância (Kilpatrick, 1987). Uma crítica que tem vindo a ganhar cada vez maior aceitação é a sua falta de consideração pelos factores sociais.

Além disso, o construtivismo pode ser criticado por constituir um ponto de vista particularmente fraco. Ou seja, diz pouco e deixa muito por dizer. O construtivismo é em última análise compatível com as teorias educativas mais diversas (Kilpatrick, 1987). Quanto muito deixa no ar a sugestão de um vago espontaneísmo pedagógico: sendo o processo de

---

<sup>5</sup> De acordo com Kilpatrick (1987, p. 22), o construtivismo tem tido uma particular dificuldade em encontrar uma linguagem que lhe permita comunicar com os professores. Entretanto, alguns dos seus defensores mais zelosos, condenando vigorosamente a linguagem usual como sendo “realista” ou “reificadora” (cujo abandono, de resto, reclamam com urgência), exigem a colocação de aspas sanitárias em torno de termos como “descobrir”, “erro”, estrutura de um problema”, etc...

construção do conhecimento um processo individual do aluno, a acção do professor acaba por ser secundária...

O problema da natureza do conhecimento não parece passível de uma solução definitiva. Cada uma das abordagens tem os seus méritos e as suas insuficiências. Cada uma poderá dar contributos positivos em domínios restritos da actividade educativa. O construtivismo, em particular, teve a virtude de chamar a atenção para a importância da acção do sujeito na processo de criação do saber, mas o facto de não ser uma teoria forte e de ocultar aspectos melhor atendidos por outras perspectivas desaconselham a sua adopção como quadro de referência universal. Nestas circunstâncias, em vez de seguirmos uma única teoria, adoptaremos uma perspectiva mais ecléctica.

### *Tipos de conhecimento*

De um ponto de vista “macro” é importante distinguir entre vários tipos de saberes, que têm características distintas: o saber científico, o saber profissional, e o saber comum.

O que caracteriza a actividade científica é o esforço de racionalização, pela argumentação lógica e pelo confronto com a realidade empírica. Para Hawkins et al. (1982, citado em Confrey, 1990) o conhecimento científico constitui um tecido muito denso de conceitos inter-relacionados, muito mais complexo do que o conhecimento comum. O conhecimento científico não pode prescindir de se apoiar ele próprio em crenças (no sentido de proposições não demonstradas, muitas delas porque não demonstráveis). Mas deve realizar-se na consciência de que se realiza com este apoio e estar pronto a rever os seus pressupostos e quadros de referência, se tal for indispensável.

A actividade profissional<sup>6</sup> é marcada pela acumulação de uma grande experiência prática num dado domínio, que será tanto mais eficaz quanto mais se puder referir a conhecimentos de ordem científica. Freema Elbaz (1983) caracteriza como sendo um saber essencialmente prático aquele que os professores desenvolvem no decurso da sua actividade profissional. Isto é, trata-se de um saber datado e contextualizado, pessoalmente convincente e orientado para a acção (Feiman-Nemser e Floden, 1986, p. 512). Pelo seu lado, Schön (1983, 1987, 1991) caracteriza o conhecimento profissional como artístico, baseando-se por

---

<sup>6</sup> Profissionais são, de acordo com Everet Hughes, pessoas cuja actividade envolve um conhecimento extraordinário em matérias de grande importância humana (Schön, 1987, p. 32). As profissões que gozam de um estatuto social mais elevado são os médicos, os advogados, os engenheiros e os militares. O público em geral (e muitas vezes os próprios professores) vêem a actividade educativa como não exigindo um corpo de conhecimentos especial, para além, naturalmente, da matéria a ensinar – o que muito contribui para que os professores sejam como a profissão com estatuto social mais desvalorizado (Feiman-Nemser e Floden, p. 512).

um lado no conhecimento científico e por outro numa dimensão tácita e intuitiva que se desenvolve através da prática e de várias formas de reflexão sobre a prática.

O conhecimento vulgar é de todos o menos exigente. Na sua construção jogam um papel decisivo os processos de socialização, que se vão articulando com a interpretação das experiências de natureza mais imediata. O papel das crenças é muito forte, sendo apenas condicionado pelo grau de impregnação da cultura social pelo conhecimento científico e profissional e pelas vivências pessoais.

Em todo o conhecimento intervêm necessariamente crenças. Existe um ponto, para além do qual não consegue ir a racionalidade humana, entendida como a capacidade de formular raciocínios lógicos, definir conceitos com precisão, e organizar de forma coerente os dados da experiência. Para além da racionalidade entramos no domínio das crenças, que são indispensáveis pois sem elas o ser humano ficaria virtualmente paralisado, sem ser capaz de determinar cursos de acção<sup>7</sup>.

As diferenças entre estes diversos tipos de conhecimento traduzem-se apenas pela diferente articulação entre as crenças de base e os outros tipos de pensamento (baseados no raciocínio e na experiência). Enquanto que alguns seres humanos, os cientistas e os profissionais (quando actuam nos respectivos domínios de actividade muito circunscritos), têm uma preocupação com este aspecto, para outros, essa preocupação é fraca ou inexistente.

Nestas condições não há necessidade de distinguir, como incompatíveis, as crenças e o conhecimento. Podemos ver as crenças como uma parte do conhecimento relativamente "pouco elaborada", em vez de os ver como dois domínios disjuntos. Nas crenças predominaria a elaboração mais ou menos fantasista e a falta de confrontação com a realidade empírica. No conhecimento mais elaborado de natureza prática predominariam os aspectos experienciais. No conhecimento de natureza teórica predominaria a argumentação racional.

As concepções podem ser vistas neste contexto como o pano de fundo organizador dos conceitos. Elas constituem como que "miniteorias", ou seja, quadros conceptuais que desempenham um papel semelhante ao dos pressupostos teóricos gerais dos cientistas (Confrey, 1990, p. 20). As concepções condicionam a forma de abordagem das tarefas, muitas vezes orientando-nos para abordagens que estão longe de ser as mais adequadas.

---

<sup>7</sup> Alba Thompson (1992) distingue conhecimento e crença, associando o primeiro a critérios de validade, inexistentes para o segundo. No entanto, o conhecimento pode ser visto em termos de uma correspondência com o mundo material ou com práticas sociais, sendo a sua validade indicada em termos de "eficiência" e "operacionalidade" e não em termos de "certo" ou "errado": Nesta perspectiva, não há que opor crenças e conhecimento. As crenças não têm suporte empírico que as valide – são criações da imaginação humana (individual ou colectiva). Constituem apenas uma forma primitiva de saber. Por outro lado, há saberes que assentam directamente sobre crenças e que só nesse quadro fazem sentido (por exemplo, os membros de uma confissão religiosa, assente em determinadas crenças, sabem como executar os respectivos rituais).

Estreitamente ligadas às concepções estão as atitudes, as expectativas e o entendimento que cada um tem do que constitui o seu papel numa dada situação (Ponte et al., em publicação).

De um ponto de vista “micro” o conhecimento é igualmente multifacetado. Elbaz (1983) distingue, por exemplo entre “regras de prática”, “princípios” e “imagens”. As regras de prática (mais específicas) e as imagens (mais gerais) referem-se ao conhecimento pedagógico e as imagens dirigem a tomada de decisões.

Podemos distinguir quatro tipos de conhecimento, intimamente interrelacionados: (a) o descritivo, envolvendo conceitos e imagens, (b) o preposicional ou argumentativo, envolvendo cadeias de raciocínios, (c) o activo e processual, o saber fazer, as regras de acção, e (d) o controlo, a metacognição e a reflexão<sup>8</sup>. Na prática tradicional do ensino da Matemática tem-se valorizado muito o aspecto processual do conhecimento, as expensas dos outros aspectos. No movimento da Matemática Moderna procurou-se salientar sobretudo os aspectos descritivos e preposicionais (através da imposição de uma linguagem mais formalizada, e valorizando o papel das estruturas algébricas mais abstractas), mas sem muito êxito. O actual movimento internacional de reforma do ensino da Matemática parece sobretudo centrar-se nos processos mais elaborados de raciocínio – resolução de problemas e pensamento de ordem superior – acerca dos quais, no entanto, ainda pouco se sabe. O controlo e a metacognição são preocupações recentes da investigação (Fernandes, 1989). A reflexão, constitui um tema mais clássico, podendo incidir sobre um de três níveis: (a) o dos meios ou técnicas para atingir certos objectivos, sem que estes sejam questionados; (b) o das relações entre princípios ou concepções e práticas, tendo em conta as suas consequências e as suas implicações, e (c) o do quadro social, político e ético em que se desenvolve a nossa acção (Alarcão, 1991). Uma boa teoria educativa deverá ser capaz de explicar as relações que existem entre estes diferentes tipos de conhecimento e como se desenvolve cada um deles<sup>9</sup>.

#### *Carácter social e individual do conhecimento*

Uma boa parte da investigação que tem sido realizada em matéria de concepções e conhecimentos profissionais pressupõe, pelo menos implicitamente, que se tratam de matérias

---

<sup>8</sup> Confrey (1991, p. 9), fala em conhecimento *perceptual* (a forma como as coisas nos parecem), conhecimento *de acção* (a forma como fazemos as coisas), e conhecimento *conceptual* (o nome que damos às coisas e a forma como as representamos). Shulman (1986, p. 11-13), pelo seu lado, fala em conhecimento *preposicional* (incluindo princípios), conhecimento de *casos* (incluindo protótipos, precedentes e parábolas), e conhecimento *estratégico*. Uma outra distinção também bastante comum na literatura é entre *saber*, *saber fazer* e *saber ser*.

<sup>9</sup> Podemos postular, nomeadamente, a necessidade de um desenvolvimento equilibrado e mutuamente apoiado. Mas seria desejável poder dizer em que medida insuficiências de um destes tipos de conhecimento se repercutem nos restantes. Igualmente interessante seria saber se algum deles desempenha um papel distinto, por exemplo de *pivot*, relativamente aos restantes.

essencialmente do foro individual. Trata-se de uma perspectiva altamente limitadora, que exclui o contributo dos factores sociais.

Embora não seja fácil traçar a linha demarcadora entre a componente individual e a componente colectiva do processo de construção do conhecimento, é impossível negar o aspecto decisivo da segunda, principalmente no que se refere aos saberes que intervêm de forma significativa nas práticas sociais (de que as práticas educativas são um importante caso particular).

Dizer que as concepções e os saberes têm um importante carácter colectivo equivale a assumir que eles encontram a sua origem nas estruturas organizativas, nas relações institucionais, e nas dinâmicas funcionais em que estão integrados os seres humanos. Geram-se nas interacções inter-individuais e a sua evolução é muito marcada pelas dinâmicas colectivas.

Esta impregnação de elementos sociais no processo de construção do saber reforça a perspectiva de que existe uma relação interactiva entre as concepções e as práticas. As concepções influenciam as práticas, no sentido em que apontam caminhos, fundamentam decisões, etc. Por seu lado, as práticas, que são condicionadas por uma multiplicidade de factores, levam naturalmente à geração de concepções que com elas sejam compatíveis e que possam servir para as enquadrar conceptualmente.

Mas o conhecimento tem também uma importante dimensão pessoal. É fundamental distinguir entre o saber que é imposto ao indivíduo pelo contexto social e cultural e com o qual ele não se identifica e aquele que é por ele desenvolvido ou apropriado como seu<sup>10</sup>. Perante um dado saber, é pertinente perguntar: Permite à pessoa fazer o quê? Para ela, que significado tem? É ou não gerador de novas dimensões de compreensão e de acção? Esta dimensão individual, em termos de pertença e apropriação, é tão decisiva como a dimensão social.

### **O saber matemático**

Depois de termos colocado algumas questões sobre o saber em geral, é altura de nos debruçarmos sobre o saber matemático. Em primeiro lugar discutirei algumas das características fundamentais deste saber. De seguida apresentarei uma perspectiva sobre os

---

<sup>10</sup> A apropriação de uma ideia ou de um instrumento pode ser vista como consistindo no seu domínio progressivo, criando cada vez maiores oportunidades de pensamento, acção, e criação (Veloso e Ponte, em preparação).

seus elementos constitutivos e o seu processo de desenvolvimento. Finalmente, apresentarei em terceiro lugar uma visão sobre as concepções mais difundidas em relação a esta ciência.

### *Características fundamentais do saber matemático*

Sobre a natureza da Matemática têm sido propostas diversas teorias, incluindo a logicista, a intucionista, a formalista, a platónica, e a falibilista, cada uma delas associada a uma dada concepção acerca desta ciência. Estas teorias, que constituem as grandes escolas da Filosofia da Matemática, pretendiam resolver o problema de como é que a Matemática “deveria ser” para atingir os almejados objectivos de perfeição (seja a garantia da verdade, da certeza, ou mais modestamente da consistência). Elas são no entanto de alcance muito limitado em relação ao nosso problema. O que está em causa não é como é que a Matemática deveria ser mas sim como é que ela é na prática diária dos matemáticos e dos não matemáticos. Ao nos centrarmos sobre os processos cognitivos e sociais que intervêm na construção do saber matemático não tem por isso grande pertinência a invocação das questões dos Fundamentos.

A Matemática é uma ciência em permanente evolução, com um processo de desenvolvimento ligado a muitas vicissitudes, dilemas e contradições (Ponte, 1988). Pode ser encarada como um corpo de conhecimento, constituído por um conjunto de teorias bem determinadas (perspectiva da Matemática como “produto”) ou como uma actividade (constituída por um conjunto de processos característicos)<sup>11</sup>. Pode-se ainda argumentar que tanto o produto como o processo são igualmente importantes, e só fazem sentido se equacionados em conjunto. Será impossível nesse caso explicar a alguém o que é a Matemática sem apresentar um exemplo em que simultaneamente se usem os seus processos próprios e se ilustre com conceitos de uma das suas teorias.

Mas o que constitui afinal o carácter distintivo do saber matemático em relação a outros saberes?

A Matemática é um saber científico. Distingue-se das outras ciências pelo facto de que enquanto nestas a prova de validade decisiva é a confrontação com a experiência, na

---

<sup>11</sup> Em cada momento histórico o conjunto das teorias que constituem a Matemática pode ser enunciado em extensão: aritmética, álgebra, análise infinitesimal, teoria das probabilidades, teoria dos conjuntos, topologia, geometria diferencial, análise funcional... O facto do conjunto das teorias ser cada vez mais vasto é mais uma razão para tentar encontrar uma caracterização por compreensão. Por outro lado, os processos característicos da Matemática são talvez mais fáceis de enunciar: definir, exemplificar, representar, conjecturar, testar, especializar, generalizar, demonstrar.

Matemática esta prova é dada pelo rigor do raciocínio<sup>12</sup>. O carácter preciso e formal dos argumentos matemáticos permite-lhes resistir à crítica mesmo quando são bastante complexos (Schwartz, 1978). Os argumentos das restantes ciências são também precisos, mas, uma vez que estão sujeitos ao confronto com a experiência, o seu carácter tende a ser menos formalizado. Em contraste, os argumentos do senso comum, muito menos precisos e formalizados, basta tornarem-se apenas moderadamente longos para serem logo claramente controversos.

Os formalismos da Matemática disciplinam o raciocínio dando-lhe um carácter preciso e objectivo. Os raciocínios matemáticos podem por isso ser sempre sujeitos a verificação. Por vezes podem haver controvérsias, mas nunca fica por muito tempo a dúvida se um dado raciocínio é ou não correcto ou se, dados certos pressupostos, um resultado é ou não verdadeiro. Isto permite aos matemáticos sentirem-se como uma comunidade internacional unificada cuja actividade transcende as fronteiras nacionais e culturais.

Embora baseada num conjunto reduzido de princípios formais fundamentais, a Matemática possibilita a elaboração de uma imensa variedade de estruturas intelectuais. Fornece, por isso, um mecanismo disciplinado que proporciona quadros de referência nos quais se enquadram os factos obtidos empiricamente pelas diversas ciências. Mais do que isso, permite que factos que inicialmente nada tinham a ver uns com os outros acabem por ser igualmente relacionados, e dá mesmo indicações que levam a descobrir novos factos (Changeaux e Connes, 1991).

Em vez de impedir o alcance da imaginação, a disciplina formal inerente à Matemática permite explorar novas conexões e novos domínios. O senso comum está prisioneiro num leque de intuições relativamente curto. A Matemática, porque garante a validade de raciocínios muito mais longos e elaborados que o senso comum, é capaz de sair para fora destes limites, transcendendo e corrigindo a intuição (Schwartz, 1978).

Podemos assim enunciar quatro características fundamentais do conhecimento matemático: a *formalização* segundo uma lógica bem definida, a *verificabilidade*, que permite estabelecer consensos acerca da validade de cada resultado, a *universalidade*, isto é, o seu carácter transcultural e a possibilidade de o aplicar aos mais diversos fenómenos e situações, e a *generatividade*, ou seja, a possibilidade de levar à descoberta de coisas novas.

A natureza formalizada da Matemática constitui um dos mais sérios obstáculos à sua aprendizagem (como já bem se apercebia por exemplo Sebastião e Silva, 1964/1975). No

---

<sup>12</sup> Em Matemática, no entanto, não se trabalha com um “rigor absoluto”, mas sim com um nível “intermédio” de rigor, em que os raciocínios não são totalmente formalizados. Sabe-se ser possível (pelo menos teoricamente) passar cada um dos seus enunciados e derivações para uma linguagem completamente formalizada.

ensino desta disciplina há uma tendência permanente para resvalar para uma formalização prematura. Uma alternativa é apresentar uma Matemática tão desformalizada quanto possível<sup>13</sup>. Outra é reconhecer a formalização como inevitável mas procurar encontrar formas de a tornar acessível aos alunos (Pólya, 1965/1981, p. 104; Papert, 1980; Noss, 1988/91). Por exemplo, Noss (1988/91) considera que a especificidade do saber matemático está no tipo de formalismo que lhe está associado. Defende a tese que a tecnologia, devidamente utilizada, pode constituir ambientes matemáticos nos quais a matematização tem a possibilidade de ocorrer naturalmente e sugere que o computador virá a constituir por isso mesmo uma significativa influência cultural.

No entanto, há que reconhecer que, apesar de tudo, o modo de lidar com a formalização constitui ainda um problema mal conhecido.

#### *Elementos constitutivos do saber matemático*

Podemos distinguir quatro níveis de competências no saber matemático, de acordo com a sua função e nível de complexidade. Teremos assim as competências elementares, intermédias e complexas, e os saberes de ordem geral (ver figura 2).

As competências elementares implicam processos de simples memorização e execução. As competências intermédias implicam processos com certo grau de complexidade, mas não exigem muita criatividade. As competências complexas implicam uma capacidade significativa de lidar com situações novas. Finalmente, os saberes de ordem geral incluem os meta-saberes, ou seja, saberes com influência nos próprios saberes e as concepções. Enquanto os três primeiros níveis representam uma progressão em termos de complexidade natural, o quarto desempenha um papel essencialmente regulador.

Postulados estes níveis, diversas questões se colocam. Que espécie de relações existem entre si? É possível trabalhar num deles sem ter adquirido alguma segurança no anterior? E, inversamente, é possível adquirir essa segurança sem trabalhar nos níveis seguintes?

Não custa a admitir que o trabalho num nível mobilize naturalmente saberes e competências dos níveis anteriores. Mas enquanto para a aquisição dos saberes no primeiro nível pode ser conveniente uma certa individualização dos conceitos, tanto no segundo como no terceiro é essencial a consideração da sua globalidade, o que torna particularmente importantes as experiências de aprendizagem estendidas no tempo, conduzidas com uma certa continuidade e profundidade.

---

<sup>13</sup> Insistindo no uso de materiais concretos, evitando o mais possível o uso de símbolos, aprofundando pouco os

---

*Competências elementares*

Conhecimento de factos específicos e terminologia  
Identificação e compreensão de conceitos  
Capacidade de execução de “procedimentos”  
Domínio de processos de cálculo  
Capacidade de “leitura” de textos matemáticos simples  
Comunicação de ideias matemáticas simples

---

*Competências intermédias*

Compreensão de relações matemáticas (teoremas, proposições)  
Compreensão de uma argumentação matemática  
A resolução de problemas (nem triviais, nem muito complexos)  
A aplicação a situações simples

---

*Competências avançadas (ou de ordem superior)*

A exploração/investigação de situações; a formulação e teste de conjecturas  
A formulação de problemas  
A resolução de problemas (complexos)  
Realização e crítica de demonstrações  
Análise crítica de teorias matemáticas  
A aplicação a situações complexas/modelação

---

*Saberes de ordem geral*

Conhecimentos dos grandes domínios da Matemática e das suas inter-relações  
Conhecimento de aspectos da história da Matemática e das suas relações com as ciências e a cultura em geral  
Conhecimento de momentos determinantes do desenvolvimento da Matemática (grandes problemas, crises, grandes viragens)

---

Figura 2 - Elementos constitutivos do saber matemático

As actividades fundamentais em que se desenvolve o saber matemático são a acção e a reflexão. A acção tem a ver com a manipulação de objectos e, muito especialmente, de representações<sup>14</sup>. A reflexão consiste no pensar sobre a acção, e é estimulada pelo esforço de explicação e pela discussão (daí a importância da comunicação e da interacção). Quanto mais a aprendizagem se desenvolve em função de objectivos definidos e assumidos pelo próprio

---

diversos assuntos e não apresentando demonstrações.

<sup>14</sup> Em Matemática é particularmente frutuosa a interacção entre diversas formas de representação, sendo as mais fundamentais (pelo menos nos ensinamentos básico e secundário) as representações numérica, gráfica e algébrica.

indivíduo, mais situações dos níveis mais avançados tendem a aparecer e a ser enfrentadas, e mais sólida e profunda ela tende a ser (em contraste com o caso em que a aprendizagem se processa seguindo meramente um percurso balizado e conduzido por outrém).

No entanto, não é o envolvimento do indivíduo o único factor que condiciona o desenvolvimento do saber matemático. Outros factores constituem igualmente seus condicionantes, incluindo os factores mais gerais de ordem cultural, de ordem social (classe social, família, micro-grupo a que pertence o indivíduo), de ordem institucional (escola e outros espaços de aprendizagem da Matemática), e as capacidades de ordem individual.

### *Concepções acerca da matemática*

Apresentei nos pontos anteriores o esboço de uma visão sobre o saber matemático assente em quatro características fundamentais e desdobrando-se em quatro elementos constitutivos. Esta perspectiva contrasta fortemente com muitas das concepções mais difundidas, mesmo entre os professores, relativamente à natureza desta ciência, e que importa referir ainda que muito sumariamente<sup>15</sup>.

Assim uma das concepções mais prevalecentes é a de que o cálculo é a parte mais substancial da Matemática, a mais acessível e fundamental. Os aspectos de cálculo são sem dúvida importantes e não devem ser desprezados. Mas a identificação da Matemática com o cálculo significa a sua redução a um dos seus aspectos mais pobres e de menor valor formativo — precisamente aquele que não requer especiais capacidades de raciocínio e que melhor pode ser executado por instrumentos auxiliares como calculadoras e computadores.

Outra concepção também bastante frequente diz que a Matemática consiste essencialmente na demonstração de proposições a partir de sistemas de axiomas mais ou menos arbitrários, perspectiva em que se reconhece a influência directa do formalismo. A Matemática é aqui reduzida exclusivamente à sua estrutura dedutiva. Na realidade, toda a teoria Matemática aspira a uma organização axiomática, mas isso não quer dizer que no processo da sua elaboração não passe por muitas outras fases de desenvolvimento intermédio. A criação e o desenvolvimento das ideias matemáticas assenta essencialmente em processos indutivos, com o estabelecimento e o teste de conjecturas e o desenvolvimento de novas intuições. A dedução, só pode ter lugar na medida em que existe já uma linha condutora do pensamento e um grande refinamento dos conceitos envolvidos.

Uma outra concepção que usualmente surge associada à anterior é a de que a Matemática seria o domínio do rigor absoluto, da perfeição total. Nela não haveria lugar para

---

<sup>15</sup> Um tratamento mais desenvolvido poderá ser encontrado em Ponte (1988).

erros, dúvidas, hesitações ou incertezas. Mas a prática da Matemática, como produto humano, está sujeita às imperfeições naturais da nossa espécie. Nela há margem para se desenvolverem diversos estilos ou se tomarem diferentes opções.

Outra concepção também muito divulgada, e que se situa igualmente na linha da tradição formalista, tende a desligar completamente a Matemática da realidade. Por conseguinte, quanto mais auto-suficiente, "pura" e abstracta, melhor seria a Matemática escolar. Esta perspectiva não tem em conta o processo histórico em que se desenvolvem as teorias matemáticas nem se a disciplina, encarada desta forma, é ou não compreensível pelos alunos, e se o seu ensino corresponde ou não a uma efectiva relevância social.

Finalmente é de registar a concepção de que nada de novo nem de minimamente interessante ou criativo pode ser feito em Matemática, a não ser pelos "génios". Embora admitindo o papel de relevo dos grandes vultos da Matemática, é possível no entanto valorizar as investigações e as descobertas das pessoas "normais", assumindo que apesar de tudo não existe uma tão desigual e drástica distribuição da inteligência e das possibilidades de realização pessoal nos seres humanos.

Todas estas ideias têm certamente a sua explicação histórica. Formaram-se no período em que predominava o ensino fortemente elitista. O domínio da Matemática importava apenas a um número reduzido de pessoas e esta ciência podia funcionar como um filtro selectivo. A visão da Matemática reduzida ao cálculo exprime um domínio da perspectiva do saber como procedimento e será particularmente importante nos níveis de ensino mais elementares. A visão da estrutura axiomática e do rigor das demonstrações traduz o domínio do saber argumentativo e terá particular expressão nos níveis de ensino mais avançados. A Matemática encarada desligada da realidade está estreitamente ligada a uma perspectiva sobre os seus objectivos educativos (Porquê ensinar Matemática?). Por último, a noção de que a Matemática é só para os génios está também ligada a uma concepção pedagógica sobre o papel do aluno na aprendizagem. Estas duas últimas concepções estarão ligadas a uma visão mistificadora desta ciência, difundida muitas vezes pelos próprios matemáticos.

Colocámos numerosas questões em termos teóricos. É chegada a altura de vermos o que nos diz a investigação empírica a seu respeito.

### **Concepções dos professores**

O estudo das concepções dos professores tem estado estreitamente associado ao das suas crenças. Num ou noutro aspecto, será igualmente relevante ter em conta a investigação

relativamente ao seu conhecimento de temas de Matemática. Abordaremos em primeiro lugar os estudos sobre as concepções dos professores sobre a Matemática e em seguida os que se referem às suas concepções sobre o processo de ensino-aprendizagem desta disciplina.

### **Concepções sobre a matemática**

Consideremos então como é que os professores vêem a Matemática. Estarão as suas crenças e concepções de alguma forma ligadas à sua vivência?

O trabalho original de Alba Thompson (1982) constituiu a primeira investigação importante neste sentido. Segundo esta autora, muitas das concepções e crenças manifestadas pelos professores acerca do ensino pareceram ter mais a ver com uma adesão a um conjunto de doutrinas abstractas do que com uma teoria pedagógica operatória. Para alguns professores, as ideias que têm acerca dos seus alunos e da dinâmica social e emocional da sala de aula (em especial no que se refere aos problemas disciplinares), parecem ter precedência sobre as suas perspectivas mais específicas sobre o ensino da Matemática.

Thompson concluiu que a relação entre as concepções e as decisões e acções do professor não é simples mas complexa. No entanto, considera que o seu estudo suporta a ideia de que as concepções (conscientes ou inconscientes) acerca da Matemática e do seu ensino desempenham um papel significativo, embora subtil, na determinação do estilo de ensino de cada professor.

Este trabalho marcou o início de uma série de estudos, em grande parte igualmente realizados na Universidade da Georgia. É a própria Alba Thompson (1992) que sintetiza em quatro grandes grupos os modelos conceptuais usados nestas investigações (ver Figura 3). Torna-se por demais saliente a natureza "transitória" de todos estes esquemas, própria do seu carácter de simples "modelos". Será curioso notar que todos eles têm claramente filiações exteriores à educação matemática: os de Ernest e Lerman derivam da Filosofia da Matemática, o de Perry (aperfeiçoado por Copes) do Aconselhamento e o de Skemp da Psicologia. Não deixa de ser irónico o facto de que a perspectiva de Lerman, sendo a que mais desvaloriza o carácter absoluto do saber matemático, é igualmente a mais agressiva na defesa da superioridade de uma bem determinada perspectiva pedagógica (a sua, evidentemente).

Ernest (1988)	Lerman (1983)	Perry-Copes (1970, 1979)	Skemp (1978)
Resolução de problemas (visão dinâmica, orientada por problemas)	Falibilismo	Dinamismo	Relacional
Platonismo (corpo de conhecimentos unificado mas estático)	Absolutismo	Multiplismo	
Instrumentalismo (caixa de ferramentas)	Absolutismo	Instrumental	

Figura 3 - Modelos de concepções relativamente à matemática

A ideia geral que se retira destes estudos é que os professores tendem para uma visão absolutista e instrumental da Matemática, considerando-a como uma acumulação de factos, regras, procedimentos e teoremas. No entanto, alguns professores, destacando-se do conjunto, assumem uma concepção dinâmica, encarando a Matemática como um domínio em evolução, conduzido por problemas, e sujeito ele próprio a revisões mais ou menos significativas. Segundo Thompson (1992, p. 18) as concepções que os professores têm acerca da Matemática parecem ser muito mais marcadas pela consistência do que pela inconsistência.

Relacionada com esta questão está o conhecimento que os professores têm relativamente a temas específicos de Matemática. As investigações realizadas sobre este ponto mostram de um modo geral que os professores (especialmente os dos níveis mais elementares) sabem pouca Matemática (Fennema e Leof, 1992). Não só o seu conhecimento é limitado, isto é, circunscrito e pouco profundo em termos dos assuntos conhecidos, como lhes faltam muitas vezes os conhecimentos específicos e a necessária segurança em relação aos assuntos que ensinam (ver, por exemplo, Tirosh e Graeber, 1990). Além disso, os professores têm uma cultura Matemática reduzida, isto é, sabem pouco acerca da História e da Filosofia desta ciência, bem como acerca das suas principais áreas de aplicação. Fennema e Leof

(1992) apresentam vários exemplos que sugerem que o conhecimento e a cultura matemática do professor podem ter uma grande influência no seu estilo de ensino.

Entre os estudos realizados em Portugal em relação às concepções que os professores têm da Matemática, será de destacar o de Henrique Guimarães (1988). Nesta investigação a identificação destas concepções constituía precisamente um dos objectivos principais. Este autor concluiu que os professores raramente se tendem a situar fora do campo escolar, mostrando uma tendência para encarar a Matemática essencialmente como uma disciplina curricular. Os professores não evidenciavam um entusiasmo particular pela disciplina, não tendo este factor sido relevante para a sua escolha profissional. Os aspectos com que espontaneamente mais caracterizaram a Matemática foram o carácter lógico, a exactidão, o rigor, e a dedução. Por outro lado, os professores pareceram subscrever uma visão platonista acerca da natureza dos seres matemáticos. Consideraram importante o facto da Matemática ser uma ciência aplicável, não retirando deste facto no entanto quaisquer implicações para o processo de ensino-aprendizagem, que conduziam basicamente numa lógica de “Matemática Pura”.

Outras investigações lançam igualmente alguma luz sobre esta questão. Assim, Abrantes (1986), estudou as concepções sobre quais os objectivos porque se ensina Matemática, considerando um modelo teórico que envolvia três categorias de finalidades: (a) as que diziam respeito à relação Matemática com a sociedade (variando entre uma ênfase substantiva e uma ênfase cultural), (b) as que se referiam à relação da Matemática com o aluno (variando entre um papel receptivo e um papel criador), e (c) as respeitantes à Matemática encarada em si mesma (variando numa dimensão do dedutivo ao indutivo). Este autor concluiu que os professores efectivos desta disciplina manifestavam uma tendência para sobrevalorizar os seus aspectos lógicos, formais e dedutivos, dando pouco relevo às aplicações e desvalorizando as finalidades associadas a um papel activo e criador dos alunos. Os alunos dos cursos de formação de professores tendiam a evidenciar o mesmo tipo de concepções. Cristina Loureiro (1991), que estudou os resultados de um programa de formação por si realizado, encontrou professores com uma variedade de concepções relativamente à Matemática. Para a maioria, trata-se de uma ciência feita e acabada, cuja abordagem educativa deve ser feita num plano essencialmente formal. A Matemática é vista como uma disciplina escolar, compartimentada em diversas áreas, em que sobressaem a geometria e o cálculo. No entanto, alguns professores tinham uma visão diferente, em que a Matemática aparecia como um saber que se pode desenvolver a partir da experiência de cada um.

Num trabalho que realizei em conjunto com Susana Carreira (Ponte e Carreira, 1992), vem referido o caso de um grupo de professoras que no seu ano de estágio pretendiam dar aos alunos uma visão menos estática da Matemática, mostrando a possibilidade de, perante situações problemáticas, se desenvolverem estratégias criativas e se fazerem explorações diversificadas. As suas concepções parecem ter tido origem essencialmente na sua formação inicial. Não se notam contradições acentuadas entre os resultados obtidos pela investigação realizada em Portugal e noutros países. No entanto, a nossa investigação é particularmente reveladora em relação a dois aspectos: (a) a dificuldade dos professores em falar acerca das suas concepções da Matemática, mostrando que se trata de um assunto sobre o qual não têm vivências intensas nem estão habituados a reflectir; e (b) a circunscrição que tendem a fazer ao domínio escolar, ao fim e ao cabo a parte da Matemática com que lidam habitualmente. A vivência muito limitada de experiências matemáticas significativas na sua actividade profissional faz com que o professor não se sinta na realidade nem um matemático nem um engenheiro e dificultam a aplicação destas metáforas ao processo de ensino-aprendizagem.

### **Concepções sobre o ensino-aprendizagem da matemática**

Segundo Thompson (1992, p. 21-22) há uma variedade de aspectos que devem ser tidos em consideração no estudo das concepções dos professores sobre o ensino-aprendizagem da Matemática, e que incluem o papel e o propósito da escola em geral, os objectivos desejáveis do ensino desta disciplina, as abordagens pedagógicas, o papel do professor, o controlo na sala de aula, a percepção do propósito das planificações, a sua noção do que são os procedimentos matemáticos legítimos, a sua perspectiva do que é o conhecimento matemático dos alunos, de como estes aprendem Matemática e o que são os resultados aceitáveis do ensino e o modo de avaliar os alunos. Numa tentativa de organizar um modelo geral, esta autora (Thompson, 1992, inspirando-se em Kuhs & Ball, 1986) propõe quatro orientações fundamentais relativamente às concepções pedagógicas: (a) centradas no conteúdo com ênfase na compreensão conceptual; (b) centradas no conteúdo com ênfase na execução; (c) centradas no aluno; e (d) centradas na organização da sala de aula. A estas orientações poderíamos talvez acrescentar uma quinta: (e) centrada no conteúdo, com ênfase nas situações problemáticas.

Estas orientações não têm certamente o mesmo peso nos diversos níveis de ensino (Feiman-Nemser e Floden, 1986), tornando-se o peso dos conteúdos (isto é, da matéria a

ensinar) mais saliente nos anos de escolaridade mais avançados. Mas a forma de encarar os alunos e a organização da sala de aula também se vão alterando com o nível de ensino. Assim, por exemplo, Carol Midgley (1988) comparando as crenças de 107 professores de diferentes níveis de escolaridade, concluiu que os docentes dos níveis mais adiantados confiam menos nos alunos, acreditam mais na necessidade de os controlar e disciplinar, e têm um sentido mais fraco da eficiência de ensino.

O facto é que, independentemente das concepções defendidas pelos professores, o ensino da Matemática parece desenvolver-se segundo uma lógica rotineira e pouco estimulante (Fey, 1978). De uma forma concordante, Good et al. (1990) relatam também muito pouco uso de ensino em grupo.

Mostrando a influência de factores culturais, Stevenson et al. (1990) refere por exemplo como mães de alunos de raças minoritárias e professores de escolas frequentadas por estes alunos salientam-se das restantes mães e professores por acreditar mais fortemente no valor do trabalho de casa, dos testes de competências, e de um dia escolar mais longo como formas de melhorar a educação.

Um aspecto certamente importante refere-se às concepções pedagógicas com que os novos professores entram no ensino. Nortman (1991) estudou as perspectivas de 205 alunos dos cursos da formação de professores de três universidades concluindo que os futuros professores do ensino secundário tendem a ser significativamente mais tradicionalistas do que os do ensino elementar, tornando-se mesmo mais conservadores com o decurso da sua formação inicial. As suas respostas tendem a ser mais tradicionalistas em temas como os sentimentos em relação aos estudantes, a disciplina, e o valor de objectivos educacionais afectivos.

No que se refere a estudos portugueses, Guimarães (1988) indicou que relativamente ao papel do professor e do aluno, as ideias principais parecem ser: (a) a aula consta de momentos alternados de exposição (fundamentalmente a cargo do professor) e de prática (fundamentalmente a cargo dos alunos); (b) na exposição cabe ao professor transmitir a informação e cabe ao aluno recolhê-la; (c) o processo é um diálogo de pergunta-resposta, sendo a abordagem umas vezes mais conceptual, dando-se ênfase aos aspectos de compreensão, noutras mais computacional, dando-se ênfase aos aspectos mecânicos; (d) os aspectos de prática são constituídos pela resolução dos exercícios de aplicação mais ou menos directa e preenchem grande parte das aulas; (e) as situações de ensino-aprendizagem, tanto na abordagem a novos assuntos como na resolução de exercícios tendem a ser muito estruturadas

e a não se revestir de carácter problemático; e (f) a interacção privilegiada é a interacção professor-aluno.

No que respeita a concepções sobre o que é saber Matemática, segundo Guimarães (1988) salienta-se a ideia que o sucesso é fortemente dependente da preparação anterior e que o insucesso é encarado como um processo cumulativo com um elevado grau de irremediabilidade. Há a noção de que os alunos têm ou não têm talento natural para a Matemática, embora isso seja condicionado por factores exteriores. Aprender em Matemática é associado a duas ideias: compreender e mecanizar. Em ambos os casos usar a Matemática não parece ser um aspecto do saber Matemática.

Abrantes (1986) concluiu que os futuros professores valorizam as finalidades que se referem à aquisição de conhecimentos de Matemática necessários à continuação dos estudos, a outras disciplinas ou a situações rotineiras, mas atribuem pouca importância às finalidades associadas a um papel activo e criador dos alunos na aprendizagem da Matemática (p. 83).

Ana Franco e Paula Canavarro (1987), num pequeno estudo em que investigaram as atitudes dos professores do Ensino Secundário face à resolução de problemas, concluíram que este conceito não era por estes muito valorizado, sendo, além disso, muitos os obstáculos que eles viam à sua concretização no processo de ensino-aprendizagem.

Em contrapartida, Albano Silva (1991) refere ter encontrado nos professores do 2º Ciclo do Ensino Básico que participaram no seu estudo atitudes favoráveis em relação à resolução de problemas. Graciosa Veloso (1991) refere atitudes também muito positivas de alguns dos professores do Ensino Secundário com que trabalhou, embora se tenha tornado evidente o peso dominante que o programa oficial exerce sobre as práticas pedagógicas destes professores.

Cristina Loureiro (1991) indica que a maioria dos professores que participaram no seu estudo via as situações problemáticas e as actividades de exploração por ela propostas como inadequadas do ponto de vista educativo. Os professores circunscrevem o seu espaço de trabalho à sala de aula e encaram o ensino através da sequência "explicação --> aplicação dos conhecimentos", considerando que devem ter um domínio perfeito da matéria, e não se sentindo bem perante situações em que não sabem à partida qual estratégia de resolução.

Ponte e Carreira (1992) analisam uma experiência realizada por um grupo de estágio que participou num programa de formação sobre calculadoras e computadores. Fortemente motivadas por propostas inovadoras, as professoras partiam de uma posição de rejeição do ensino tradicional da Matemática e queriam implementar novas metodologias. Estas consistiam fundamentalmente em actividades de exploração utilizando Novas Tecnologias,

havendo da sua parte uma preocupação em que os alunos (do 10º ano) fossem eles próprios a fazer os raciocínios e a tirar as conclusões. As reacções dos alunos a estas actividades foram diversificadas, sendo algumas francamente negativas. Alguns deles (incluindo os de maior peso na turma), questionavam se estas actividades contribuíam para a sua aprendizagem, em termos dos testes e dos exames que viam como balizando o seu percurso académico. Para as professoras, esta experiência constituiu uma vivência muito significativa (especialmente ao nível do seu trabalho conjunto na elaboração de materiais pedagógicos). Mas ficou no ar uma certa frustração com as dificuldades dos alunos em realizar as actividades e com a sua reacção, atribuída basicamente às suas posições e concepções anteriores. não se encontrou nenhuma forma de dar a volta a este problema. Dir-se-ia que a perspectiva adoptada para conduzir o ensino era tida como a “ideal”, só que não se adaptava muito bem àqueles alunos... A inovação parece ser vista como a adopção de uma forma de actuação bem definida, alternativa às práticas tradicionais e válida em si mesma, e não como uma resposta flexível e adaptativa a uma situação concreta, com o objectivo de promover o efectivo crescimento matemático de um dado conjunto de alunos.

Num estudo de caso que realizei com diversos colegas (Ponte et al., 1991), tornou-se patente uma significativa mudança no que os professores assumem como sendo as suas mais prementes necessidades de formação. Antigamente a formação era vista como tendo de ser externamente sólida em termos dos conteúdos de ensino, sendo pouco valorizada a componente pedagógica. Agora estes aspectos, incluindo temas como trabalho de projecto, dinâmicas de grupo, e avaliação, são tanto ou mais valorizados como os temas de Matemática.

Sobre uma base de uma entidade ainda mal estudada que dá pelo nome de “ensino tradicional” crescem os sinais de uma crescente simpatia por novas ideias e concepções para o ensino da Matemática (cujos ecos já se notam nos novos programas). Estas novas concepções, quando aplicadas à letra, revelam-se no entanto problemáticas em diversos aspectos. A investigação realizada não permite saber em medida os professores que tendem a abraçar os novos pontos de vista os concretizam na sua prática pedagógica. Chegámos assim aos problemas das mudanças de concepções e da sua relação com as práticas, cujo tratamento será o objectivo da secção seguinte.

### **Concepções: Origem e processos de mudança**

Passemos então à questão da origem e mudança das concepções. Que factores determinam a sua formação? Como é que se consolidam? Em que condições é que se

modificam? Qual a relação entre as concepções e as práticas? Qual o efeito dos processos de formação?

### **Concepções e práticas**

Começemos pela relação entre as concepções e as práticas. Tendem a ser consistentes ou inconsistentes entre si? São as concepções que determinam as práticas? São, inversamente, as práticas que determinam as concepções? Ou será que nenhum dos aspectos determina o outro e a sua relação é de uma natureza mais complexa?

Thompson (1992) indica existirem investigações com resultados contraditórios relativamente ao problema da consistência entre as concepções e as práticas. Assim, no que respeita a concepções relativamente à Matemática foram tanto encontrados casos de consistência como de inconsistência<sup>16</sup>. Em relação às concepções sobre o ensino-aprendizagem da Matemática e a prática pedagógica a mesma autora refere igualmente casos de consistência e inconsistência<sup>17</sup>.

Mas na relação entre concepções e práticas haverá muitas outras questões (e talvez mais importantes) para além do simples problema da sua consistência ou inconsistência. Uma delas será a da natureza da relação entre concepções e práticas. Será que um dos aspectos determina o outro? Será uma relação dialéctica? Em que medida são as concepções capazes de resistir a situações que exigem ou promovem práticas que são com elas dissonantes? De que modo novas práticas suscitam novas concepções?

A investigação empírica a este respeito não permite resolver completamente esta questão. Feiman-Nemser e Floden (1986, p. 517) sugerem três níveis de influências nas concepções dos professores: (a) o que se passa na sala de aula, (b) a organização e dinâmica da instituição escolar, e (c) aspectos mais gerais da sociedade.

Guimarães (1988, p. 14) parece pressupor que são fundamentalmente as concepções que comandam as práticas, mas não apresenta evidência nesse sentido. Em Ponte et al. (em publicação) referem-se exemplos de professores que alteraram pelo menos alguns aspectos das suas práticas por influência de mudanças que começaram a ocorrer no seu quadro conceptual, mas também se indica que o desempenho de outras funções pelos professores

---

<sup>16</sup> Casos de consistência são, por exemplo, Thompson (1982) e Steinberg (1985) e de inconsistência McGalliard (1983) e Kesler (1985). Todas estas referências se podem encontrar em Thompson (1992).

<sup>17</sup> Casos de consistência são relatados por Shirk (1973) e Grant (1981) e de inconsistência por Thompson (1982), Brown (1985), Cooney (1985) e Shaw (1989). Para referências detalhadas ver Thompson (1992).

(nomeadamente de responsabilidade administrativa) tende a proporcionar-lhes novos pontos de vista.

Trata-se em última análise de um problema filosófico: É o ser humano essencialmente movido por princípios e por um desejo de coerência ou essencialmente pragmático? Ou seja, é movido por decisões que assume conscientemente ou por mecanismos biológicos servidos apenas parcialmente pela racionalidade?

Poderá ser pertinente distinguir entre concepções *manifestadas* pelos professores, que estes descrevem como sendo as suas (e isto sem pôr necessariamente em causa a sua sinceridade) e as concepções *activas*, que de facto informam a sua prática<sup>18</sup>. A distância entre estes dois tipos de concepções pode ser bastante apreciável. As concepções manifestadas podem sofrer uma influência significativa do que no discurso social e profissional é tido como adequado, mas não serem (parcial ou integralmente) capazes de informar a prática. Isto pode ocorrer por uma variedade de factores: (a) falta de recursos materiais e organizativos, (b) falta de recursos conceptuais (não saber como vencer as dificuldades que a sua concretização suscita), ou ainda (c) pelo esforço exagerado que se antevê como necessário. Admitindo a distinção entre estes dois tipos de concepções, podemos dizer que existe (por definição!) uma relação forte entre as concepções activas e as práticas, podendo ser mais forte ou mais fraca a relação entre as concepções manifestadas e as práticas (e daí os problemas da consistência).

Um segundo problema importante é a natureza dos conflitos entre as concepções e as práticas. Estes conflitos tendem sempre a existir, mas podem ser eventualmente resolvidos de diversas maneiras.

Assim, por exemplo, no caso de um dos professores estudados por Brown e Cooney (e referidos em Thompson, 1982), as actividades de resolução de problemas por ele propostas aos seus alunos (e por ele entendidas como de grande importância) não eram muito bem aceites por alguns destes, nomeadamente os das turmas de menor aproveitamento. Ao fim de algum tempo de tentativas frustradas este professor passou a adoptar com estes alunos um estilo de ensino basicamente tradicional. Neste caso, em vez de inconsistências entre concepções e práticas, será talvez mais adequado falar dos conflitos entre o seu idealismo e a sua experiência na sala de aula. Será um caso em que as realidades da prática motivaram uma adaptação significativa das concepções. Conflitos igualmente significativos entre concepções pedagógicas e realidades do processo de ensino-aprendizagem foram também notados por Guimarães e Ponte (em preparação).

---

<sup>18</sup> No seu estudo, Thompson (1982), distingue entre noções, crenças e preferências *conscientes* e *inconscientes*.

A resolução dos conflitos poderá processar-se por duas formas fundamentais: por acomodação ou por reflexão. No primeiro caso procura-se simplesmente a solução mais “económica” (isto é, mais imediata e menos trabalhosa) para o conflito. No segundo caso procura-se ver o conflito de diversos ângulos, faz-se intervir elementos teóricos, e pesa-se os prós e os contras de diversas soluções. Como levar os professores a adoptar uma prática corrente de reflexão, nomeadamente no quadro de processos de formação, constitui, no entanto um sério problema em aberto no que respeita à formação de professores (Loureiro, 1991; Silva, 1991; Veloso, 1991).

Alba Thompson (1992) indica como influências na relação entre as concepções e as práticas: (a) o contexto social (valores, crenças, expectativas dos alunos, pais, colegas, e responsáveis escolares; o currículo adoptado, as práticas de avaliação; os valores do sistema), (b) o clima político, e (c) a eventual necessidade de certos conhecimentos operacionais. Mas esta mesma autora reconhece que se sabe ainda muito pouco sobre esta questão:

Enquanto não tivermos uma ideia mais clara de como os professores modificam e reorganizam as suas crenças na presença das exigências e problemas da sala de aula e, inversamente, como é que a sua prática é influenciada pelas suas concepções relativamente à Matemática, não podemos afirmar compreender a relação entre concepções e práticas. (p. 21)

### **Como mudam as concepções?**

Se admitirmos que as concepções dos professores não são as mais adequadas ao desempenho do seu papel profissional, pelo menos em alguns aspectos, põe-se a questão de saber como é que elas podem mudar. O problema tem de se pôr para o caso dos professores já em serviço (que desenvolvem uma prática profissional, ou seja, uma vivência sobre a qual podem reflectir) e dos alunos dos cursos de formação inicial (os futuros professores que se preparam para uma actividade profissional que ainda está para vir).

#### *Processos de mudança*

O surgimento de novas orientações curriculares, a participação em acções de formação ou a leitura de materiais educativos podem suscitar novas perspectivas em relação à prática pedagógica. No entanto, a tendência que se observa nos professores é para a acomodação dos novos elementos nas estruturas conceptuais pré-existentes, modificando-os tanto quanto necessário para deixar aquelas estruturas basicamente inalteradas (Thompson, 1992).

Mudanças profundas no sistema de concepções só se verificam perante abalos muito fortes, geradores de grandes desequilíbrios. Isto apenas sucede no quadro de vivências pessoais intensas como a participação num programa de formação altamente motivador ou numa experiência com uma forte dinâmica de grupo, uma mudança de escola, de região, de país, de profissão.

A mudança de concepções e de práticas constitui um processo difícil e penoso em relação ao qual as pessoas oferecem uma resistência natural e de certo modo saudável (Benavente, 1990). Algumas investigações que se iniciaram com o objectivo de promover mudanças muito ambiciosas nos professores acabaram por se concluir com resultados francamente modestos (Silva, 1991; Veloso 1991) ou mesmo desanimadores (Loureiro, 1991). É difícil mudar as pessoas, especialmente quando elas não estão empenhadas em efectuar tal mudança.

Além disso, põe-se o problema do direito com que alguém pode pretender mudar os outros. De facto não faltam neste mundo grupos de "iluminados" que se consideram detentores de doutrinas fundamentais. Mal seria se toda a gente fosse atrás da primeira seita que lhe surge pelo caminho. Os processos de formação não podem ser concebidos como a imposição de um qualquer conjunto de "verdades", mas exigem uma atitude diferente, de grande respeito pelos participantes. A formação tem de ser entendida como um processo de troca e de criação colectiva, em que quem conduz intervém com certos conhecimentos e competências mas está igualmente a aprender com os outros. Nestas condições a formação é apenas mais um processo partilhado de aprendizagem.

### *Formação inicial*

Na formação inicial o principal problema é a inexistência de uma prática que proporcione a possibilidade de formular objectivos de intervenção prática imediata e vivências directas de reflexão. Thompson (1992), sintetizando o resultado de diversos estudos, indica que as concepções dos futuros professores não são facilmente alteradas. Uma das preocupações desta formação terá de ser pôr em causa as suas concepções, criando hábitos de duvidar e de pensar as coisas de forma diferente.

Nesta perspectiva, Meyerson (1979, citado em Thompson, 1982) desenvolveu um programa construído à base de "exercícios" focando temas como erros matemáticos, surpresa, dúvida, re-exame de truísmos pedagógicos, sentimentos, diferenças individuais e resolução de problemas. O factor chave afectando a mudança era a dúvida, sendo os seus resultados considerados positivos.

Um outro programa tendo por objectivo mudar o conhecimento e concepções dos futuros professores do ensino primário acerca da educação matemática, foi desenvolvido por Wilcox et al. (1991). Para além de uma sequência de cadeiras de Matemática e de uma cadeira de Metodologia, o programa tinha um seminário curricular em que pretendia estabelecer uma "comunidade de aprendizes". Este conceito incluía os seguintes aspectos: (1) ensinar e aprender são actividades colaborativas; (2) são valorizadas diferentes abordagens a situações problemáticas; (3) a responsabilidade pela compreensão é partilhada ; e (4) a autoridade do saber é interna e colectiva. O autor considera que a criação desta comunidade de aprendizagem (em que se nota um papel muito forte das dinâmicas de grupo) deu uma contribuição significativa para dar poder aos futuros professores enquanto aprendizes de Matemática.

Paulo Abrantes (1986, p. 85) refere igualmente que os futuros professores podem alterar algumas das suas concepções com um ano de trabalho em que frequentam uma cadeira de Metodologia da Matemática dando atenção (entre outros aspectos) à discussão da natureza desta ciência, à resolução de problemas e à utilização de computadores. Essas mudanças eram mais significativas no que respeita às finalidades do ensino da Matemática, pondo em causa a sua fixação nos aspectos lógico-dedutivos e reconhecendo que a Matemática pode ter um papel no desenvolvimento de capacidades de observação, intuição e criatividade.

Domingos Fernandes (1992) relata os resultados de dois programas de formação para melhorar nos jovens professores em formação inicial o conhecimento e a competência em matéria de resolução de problemas e capacitá-los para implementar esta actividade na prática pedagógica. Os professores participantes naqueles programas pareceram dispostos a ensinar a resolução de problemas aos alunos do ensino elementar e mostravam-se conscientes das competências que lhes deveriam desenvolver com esse objectivo.

Procurando ultrapassar as limitações provocadas pela ausência de uma prática profissional, McDiarmid (1990) concebeu um programa incluindo trabalho de campo que desafiava as crenças dos futuros professores do ensino primário sobre o ensino e a aprendizagem.

Uma posição bem distinta defende Ernest (1991), que reforça a importância da formação teórica. Para ele, a metáfora do aprendiz que aprende na prática junto com um professor mais experiente tem um alcance muito limitado, sendo o conhecimento da teoria e a experiência de investigação decisivos para que os futuros professores possam vir a ser bons profissionais.

Finalmente, pelo seu lado, Shulman (1986) defende o "método dos casos", de alguma forma intermédio entre estes dois na medida em que permite combinar elementos da teoria e da prática.

A formação inicial, mesmo quando razoavelmente bem sucedida, pode ver os seus efeitos "varridos" no processo de adaptação às realidades da prática pedagógica e de socialização que ocorre durante os primeiros anos de serviço (Feiman-Nemser e Floden, 1986, p. 520). Deste modo, a organização de sistemas adequados de apoio na fase inicial da carreira poderão permitir uma maior continuidade e uma transição natural da formação inicial para a formação contínua.

### *Formação contínua*

Os problemas são diferentes no que respeita à formação dos professores em já serviço. Existe a possibilidade de reflectir sobre uma prática concreta, mas esta tende a constituir-se como esmagadora, impossibilitando a formulação de alternativas. Além disso, a motivação e a disponibilidade para a formação por parte destes professores nem sempre é muito favorável.

Entre as diversas abordagens propostas conta-se a perspectiva cognitivista que dá ênfase ao conhecimento baseado na investigação da aprendizagem da Matemática pelas crianças (Carpenter et al., 1988; Carpenter e Fennema, 1989). A análise de correlações tende a mostrar relações significativas entre o conhecimento dos professores acerca do conhecimento dos alunos e o desempenho destes em tarefas de resolução de problemas. Os professores com mais conhecimento dos seus alunos questionavam-nos mais sobre os seus processos de resolução de problemas e ouviam mais as suas respostas. Estudos de caso do conhecimento e comportamento dos professores mais e menos efectivos mostraram existir diferenças importantes em relação ao modo como eles pensam e usam o conhecimento dos alunos.

Pelo seu lado, Cobb, Wood e Yaker (Wood et al., 1990; Cobb et al., 1990, 1991) observaram mudanças que consideram dramáticas nas crenças e nas práticas de professores que com eles participam em projectos de longa duração baseados numa perspectiva socio-construtivista. Consideram que a "chave" da mudança de concepções do professor reside em conseguir que este veja a sua prática como problemática.

Finalmente, outros trabalhos têm sido feitos numa perspectiva interpretativa. Por exemplo Sidani-Tabbaa e Davis (1991) relatam um estudo de um professor de ciências de uma escola secundária e a sua filosofia, incluindo crenças e práticas durante um período de um ano e meio. Neste estudo mostra-se como este professor evoluiu de uma posição de

fornecedor de informação para uma posição de facilitador da aprendizagem, apresentando um modelo teórico da mudança produzido por ele próprio.

No que respeita aos professores em serviço, o seu envolvimento em práticas de reflexão parece constituir um objectivo fundamental comum às diversas perspectivas que se perfilam sobre esta questão (Shon, 1983; Thompson, 1992).

Em Portugal têm sido ensaiados programas de formação numa perspectiva de projecto pedagógico. Procuram-se promover dinâmicas de grupo, envolvendo os professores na realização de actividades práticas, propondo-lhes a produção de materiais pedagógicos e a reflexão sobre a sua utilização educativa (Loureiro, 1992; Silva, 1992; Veloso, 1992). O papel dos diversos aspectos destes programas pode ser assim sintetizado:

A prática fornece questões para consideração e permite que se tentem novas abordagens, novas propostas e novas ideias. As experiências práticas podem reforçar ou questionar as presentes convicções e metodologias de ensino. A reflexão permite um distanciamento e uma perspectiva crítica sobre a prática. A identificação de aspectos a modificar reforça uma atitude de questionamento. A associação de ambas estas componentes num programa de formação contínua permite o reforço da confiança e suscita novas inovações. A dinâmica de grupo assume um papel muito importante porque proporciona aos professores, através da discussão, um sentido de comunidade que lhes dá força contra as resistências de todos os tipos, estimula a sua expressão individual e o confronto de perspectivas, argumentos e modelos concretos. (Veloso e Ponte, em preparação, p. 3)

De um modo geral, os professores reagem muito bem às propostas de actividades práticas. Envolvem-se, ficam entusiasmados, consideram positivo encarar a Matemática de forma activa. A troca de experiências tende igualmente a proporcionar satisfação. No entanto, verificou-se nestes estudos que não é muito fácil que os professores comecem a produzir propostas pedagógicas para as suas aulas, que a discussão pedagógica sobre a utilização destas actividades não tende a ser muito conseguida, e que o processo de os envolver na reflexão sobre as suas próprias práticas é extremamente difícil. A constituição de grupos com uma efectiva dinâmica, a nível de cada escola, é igualmente muito difícil de conseguir.

Loureiro (1991) refere ter havido da parte de alguns professores uma resistência forte às ideias subjacentes ao programa de formação, muito embora outros, apesar de não concordando, mostrassem uma certa abertura para considerar o seu valor. Estes programas de formação tendem a promover novas vivências e perspectivas sobre a Matemática e o seu ensino e um melhor domínio de certos materiais educativos (nomeadamente calculadoras e computadores), mas o seu impacto na prática pedagógica é muito limitado. Os professores

que melhor reagem às propostas inovadoras destes programas são os que à partida já tinham uma atitude favorável em relação a elas (Loureiro, 1991; Veloso, 1991). Um dos grandes problemas que afecta o alcance destes programas é a expectativa dos professores de que participam para receber ideias imediatamente aplicáveis (isto é, de fácil acomodação) e não para se envolverem num processo de formulação e resolução de problemas que pode ir inclusivamente ao ponto de pôr em causa as coisas em que mais profundamente acreditam.

### *Novas tecnologias e mudança educativa*

Em Portugal, muitos dos processos inovadores de formação de professores têm estado associados às Novas Tecnologias. A sua introdução na escola levanta a necessidade da aquisição de novos conhecimentos e competências, que exigem o seu domínio específico, mas propicia igualmente uma reflexão mais geral sobre os objectivos e as práticas educativas.

Um dos grandes trunfos desta formação é sem dúvida o grande interesse que se gerou entre os professores em torno destas tecnologias. Uma das suas grandes dificuldades é que elas não surgem como soluções imediatamente aplicáveis, sendo problemática a sua articulação com as práticas reais dos professores. O uso dos chamados programas-ferramenta é uma das perspectivas mais interessantes para o uso de computadores, mas verifica-se que os professores têm uma séria dificuldade em gerar aplicações para as suas aulas (Ponte, 1989). Por outro lado, o uso de *software* especificamente concebido para o ensino seria muito mais fácil, mas tenderia a suscitar muito menor reflexão da sua parte.

No caso das Novas Tecnologias é perfeitamente claro que não existe um corpo de conhecimentos estável relativamente à sua utilização educativa, nem é possível esperar tranquilamente que esse corpo se estabeleça através de experiências cuidadosamente controladas. No entanto, a situação é semelhante relativamente a muitos outros domínios da prática profissional do professor. Não há ciência fundamental suficientemente amadurecida na qual se possa basear uma racionalidade profissional. Assim, os professores que desejam uma postura reflexiva não têm outra alternativa senão envolverem-se eles próprios em experiências marcadas pelo pioneirismo, desbravando caminho, no quadro de projectos inovadores de desenvolvimento e de pesquisa.

As Novas Tecnologias permitem introduzir elementos novos no processo de formação. Assim, por exemplo, Liddy Neville (1991), organizou um curso de formação inicial de professores com amplo recurso à utilização de computadores, apoiando-se nos conceitos de *bricolage* intelectual<sup>19</sup> e pluralismo epistemológico. Segundo esta autora, muitos dos

---

<sup>19</sup> Isto é, a construção de teorias por arranjos e negociações sucessivas, com um dado conjunto de materiais.

participantes começaram a manifestar preferência por um estilo de trabalho que descreve como artístico ou de mestria.

O contacto com o computador pode ser uma oportunidade para um melhor conhecimento de si próprio e dos outros. Procurando explorar esta possibilidade, Judith Harris (1991) desenvolveu um curso em que os momentos de reflexão sobre as experiências pessoais (através da escrita de diários e da discussão) desempenhavam um papel fundamental. Mais do que uma preocupação com o domínio de um conjunto restrito de programas, este curso promoveu a exploração de aspectos escondidos da personalidade dos participantes, a par da capacidade de abordar novas máquinas e novos programas.

Em Portugal, a intervenção das instituições de formação no Projecto MINERVA fez com que a questão da articulação das vertentes técnica e pedagógica da formação sempre tivesse tido uma atenção muito particular (Ponte, 1991). Criaram-se oportunidades de formação segundo lógicas diversificadas, perspectivadas para professores com experiências, interesses e necessidades muito variáveis.

Tal como no que respeita aos outros domínios da formação, no que respeita às Novas Tecnologias, em vez de se pretender que estes adoptem um conjunto pré-definido de orientações e metodologias de trabalho, deverá antes visar-se o seu crescimento profissional. Interessa que o professor se torne num profissional capaz de colaborar de forma efectiva com os outros, seja capaz de formular e resolver problemas pedagógicos, e de procurar os recursos necessários à sua actividade. Nesta perspectiva, poderemos vê-los apropriando-se de novas ideias e instrumentos de trabalho, dominando-os progressivamente, e ficando assim com mais amplas e mais profundas possibilidades de acção e reflexão (Velo e Ponte, em publicação).

### *Formação e processos de mudança*

A formação pode contribuir para a mudança de concepções mas estas não ocorrem só no quadro de processos de formação. Assim, Ponte et al. (1991) realizaram um estudo de caso sobre a participação dos professores de uma escola num processo de experimentação de novos programas. Aparentemente, os professores, como resultado das acções de formação (na verdade bastante limitadas) e de algum trabalho colectivo por eles realizado, passaram de uma atitude de alinhamento com certas orientações curriculares para uma posição de alinhamento com as novas orientações (cuja necessidade vinha amadurecendo desde há muito). As mudanças referiam-se à utilização de novas metodologias, envolvendo actividades exploratórias, uso de calculadoras e trabalho de grupo. Trata-se de mudanças significativas. No entanto, noutros aspectos, talvez mais centrais, dizendo respeito à sua forma de encarar e

de estar na profissão, os professores não manifestavam uma evolução significativa. Pelo contrário, mantinham a sua tradição defensiva e individualista e a dificuldade em se envolverem em práticas colectivas de reflexão. Passou a haver mais colaboração, mas no que respeita à condução das suas aulas continuou a imperar o sistema "cada um por si".

Este estudo questiona claramente a ideia de que as crenças e concepções são exclusivamente uma matéria do foro pessoal. Os professores, mantendo evidentemente os seus estilos e personalidades próprias, evoluíram em conjunto num processo muito marcado pela dinâmica colectiva. Por outro lado, embora a mudança inicial se processasse essencialmente devido ao surgimento de um novo quadro institucional (favorecendo novas abordagens pedagógicas) a que reagiram positivamente, o seu desenvolvimento sugere uma interacção permanente entre concepções e práticas.

As dificuldades dos professores com a reflexão evidenciadas nestes diversos estudos podem derivar de aspectos profundos da sua cultura, com concepções profundamente enraizadas sobre o que é ser professor. Estes aspectos são muito mais difíceis de mudar do que a mera aderência a uma nova orientação pedagógica.

O crescimento profissional dos professores passa pois pelo desenvolvimento de um novo quadro cultural (Feiman-Nemser e Floden, 1986). Isso não pode acontecer como resultado de uma única intervenção, mas apenas como resultado de uma evolução necessariamente lenta que exige a conjugação de muitos factores. Ao nível político, é preciso que a função docente seja revalorizada. Ao nível das escolas serão precisas muitas mudanças organizacionais (que facilitem por exemplo o trabalho conjunto e o crescimento profissional contínuo). A relação dos professores com os conteúdos que ensinam terá de se tornar muito mais intensa e frutífera<sup>20</sup>. Em simultâneo com todas estas transformações, é igualmente indispensável que aos professores sejam proporcionadas uma variedade de oportunidades de formação.

A Didáctica da Matemática, retomando ideias essenciais sobre o processo de construção dos saberes próprios desta ciência, constitui uma referência fundamental da formação. Ela terá de incluir conhecimento da natureza e papel das experiências matemáticas dos alunos (abordando tópicos como resolução de problemas, formulação de problemas, realização de conjecturas, testes, argumentação, e demonstração), da relação entre a Matemática e a realidade, e do papel de processos de pensamento específicos (como a especialização e a generalização) (ver Ponte et al., em publicação).

---

<sup>20</sup> Esta será uma das razões que leva Shulman (1986) a referir os conteúdos de ensino como um dos aspectos que tem de estar necessariamente presente nos programas de formação e na investigação a eles respeitante.

A formação tem de se basear nas práticas mas não se pode limitar a estas. Tem de incluir “desvios por fora” que permitam ver coisas de novos ângulos. Novas concepções exigem um vocabulário estruturador que permita aos professores falar das suas novas ideias e experiências de ensino.

Desta forma parece serem elementos fundamentais a considerar nos processos de formação: (a) o quadro teórico geral, necessariamente com referência à Didáctica da disciplina; (b) a dinâmica do processo, envolvendo trabalho de grupo e uma saudável relação entre todos os participantes, incluindo aqueles que têm responsabilidades na formação; e (c) as actividades, proporcionando uma interacção com as práticas do professor e suscitando as oportunidades adequadas de reflexão (figura 4). No entanto, a formação não deve ser vista como podendo só por si conduzir à mudança das concepções e das práticas, sendo o seu alcance dependente do contexto geral em que se desenvolve.

### **Conclusão**

Estudar as concepções dos professores ou dos alunos é fazer antropologia na nossa própria cultura. Implica salientar os valores, as motivações, os eixos principais do pensamento dos actores fundamentais do processo educativo. Trata-se de um esforço particularmente difícil, tanto pelo carácter elusivo do objecto de estudo como pelo facto de os investigadores estarem eles próprios embebidos na mesma cultura.

As concepções dos professores não constituem um todo relativamente homogéneo. Diferenciam-se claramente pelos níveis de ensino, pela sua origem profissional (isto é, pelo tipo de formação inicial, formação científica e formação pedagógica), pela sua inserção social e pelas suas opções ideológicas e educativas. Além disso, as concepções não constituem uma entidade estática. A instituição escolar está presentemente sujeita a uma grande pressão para se tornar mais flexível e adaptativa. Mais do que organizativas ou tecnológicas, as mudanças que se perfilam são sobretudo culturais, respeitantes aos seus grandes objectivos e valores. Tudo isto são factores que tornam ainda mais problemático este domínio.

O estudo das concepções depara-se com sérios problemas metodológicos. As pessoas raramente estão à vontade a expor as partes mais íntimas do seu ser. Além disso, têm de um modo geral dificuldade em expressar as suas concepções, particularmente naqueles assuntos em que habitualmente não pensam de uma forma muito reflexiva. A identificação das concepções exige portanto uma abordagem especialmente imaginativa. Recorrendo a entrevistas, mais do que fazer perguntas directas, é preciso propor tarefas, situações e

questões indirectas mas reveladoras que ajudem as concepções a evidenciar-se. Recorrendo a observações e à análise documental, é preciso cruzar cuidadosamente a informação assim obtida com as explicações dadas pelos informantes.

O refúgio ao “senso comum” profissional estabelecido, dizendo as coisas que parecem socialmente mais aceitáveis, pelo menos em termos do seu grupo de referência, é a estratégia mais previsível por parte dos participantes nestes estudos. Para ir mais além é indispensável estabelecer com eles uma relação que ajude a quebrar as barreiras da convencionalidade, e que estabeleça uma cumplicidade num esforço comum de descoberta.

Na análise da investigação aqui efectuada não se falou muito de metodologia. A grande preocupação com a obtenção de resultados tem relegado esta questão para um plano talvez demasiado secundário. O progresso do conhecimento neste domínio dependerá muito da nossa capacidade de desenvolver e aperfeiçoar instrumentos metodológicos adequados.

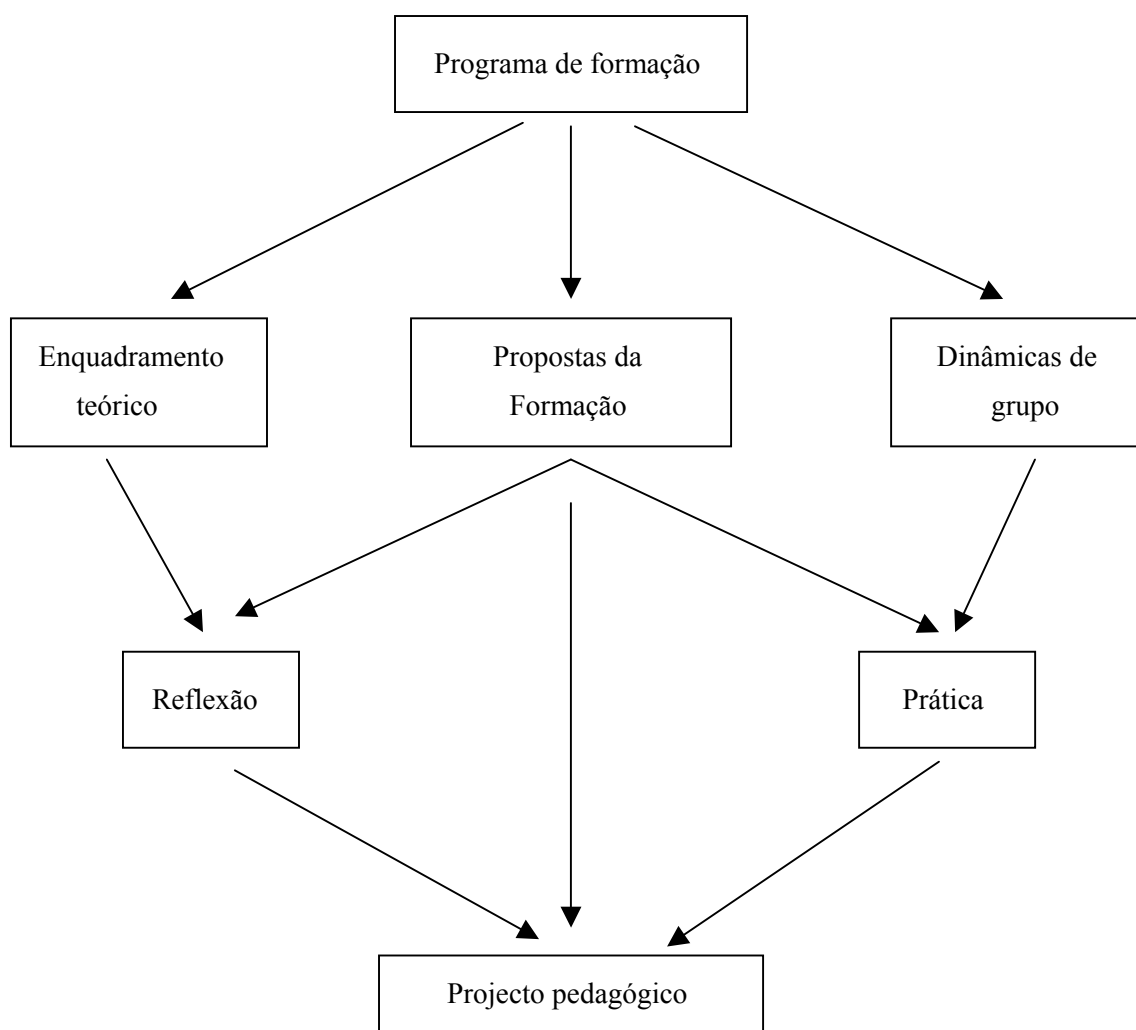


Figura 4 - Elementos de um programa de formação

Os professores constituem um grupo profissional em crise. Eles são antes de mais o pilar profissional do sistema educativo, um sistema renitente às mudanças, em termos relativos cada vez mais desvalorizado, em declínio. É um sistema com grandes carências, fortemente tutelado pela administração, dotado de uma grande inércia e sem um claro conjunto de valores de referência<sup>21</sup>. Tudo isto propicia o esvaziamento da função docente e a desmotivação dos professores para o investimento profissional, tendência que é fortemente facilitada pela natureza essencialmente individualista e defensiva da cultura docente.

Trata-se de uma situação insustentável. A educação é uma função social demasiado importante para que este processo possa continuar indefinidamente. É necessária uma outra atitude da sociedade em relação à escola e é necessária uma outra atitude da escola em relação a si mesma. Esta renovação passará certamente por uma dinâmica de projectos inovadores que colocarão novos desafios aos professores, exigindo uma outra forma de estar na profissão, com uma maior disponibilidade de investimento, uma maior curiosidade intelectual (tanto no que respeita ao seu domínio curricular como às novas correntes pedagógicas e metodologias de ensino), uma mais efectiva capacidade de trabalhar em grupo, uma abertura à crítica e sentido de auto-avaliação.

A investigação realizada testemunha uma vivência da Matemática muitíssimo pobre por parte dos professores desta disciplina. Em termos pedagógicos, assiste-se a uma clivagem entre concepções assumidas como tradicionais e concepções inovadoras. No entanto, ainda é pouco clara qual a tradução desta clivagem em termos da prática pedagógica.

O estudo das concepções dos professores parece constituir um domínio cheio de vitalidade. Ao lado de questões que se vão resolvendo (ou que vão passando para segundo plano), há muitas novas questões que surgem e que nos intrigam. Algumas delas constituem objecto de estudo em trabalhos em curso. Até que ponto e como são passadas à prática orientações inovadoras relativamente ao ensino da Matemática recolhidas em cursos de formação inicial, por exemplo no que respeita à resolução de problemas (Isabel Vale)? Com que conhecimento ficaram da resolução de problemas e de que modo o praticam na sala de aula professores que participaram em acções de formação contínua sobre esse tema (Maria José Delgado)? Qual o efeito da frequência de um curso prolongado sobre computadores no ensino da Matemática nas suas concepções e práticas (Cecília Monteiro) e no seu percurso profissional (José Duarte)? Como encaram os professores envolvidos em projectos de

---

<sup>21</sup> É impensável ver um “médico provisório”, sem o curso de Medicina, a atender um doente num hospital. É impensável ver um advogado amador a defender num caso na barra do tribunal. É impensável ver um engenheiro não diplomado a assinar projectos. Mas qualquer aluno de um curso universitário (e às vezes nem isso), pode ser professor provisório de qualquer assunto – e muito em particular, pode ser professor de Matemática.

inovação o processo de ensino-aprendizagem da Matemática (Paula Canavarro)? Quais os domínios mais sensíveis por onde se podem começar a desestabilizar as certezas adquiridas dos professores? Com que conflitos se debate um professor "inovador" e como tende este a resolvê-los?

Diversas grandes questões vão pontuar o debate neste domínio. Até que ponto o sistema determina (ou pelo menos delimita) as concepções e práticas dos que nele estão inseridos? Qual a natureza das relações entre as concepções e as práticas? Qual a autonomia do domínio específico das concepções? Qual a relação entre os instrumentos e as ideias, entre a tecnologia e a cultura? Como se caracterizam os processos bem conseguidos de apropriação de novas ideias e instrumentos? Como favorecer a apropriação crítica? Como promover a prática da reflexão? Que implicações é que isso tem para a formação inicial e contínua de professores?

Compreender as realidades do mundo dos que vivem o dia a dia das escolas é uma condição indispensável para a transformação dessas realidades. Não cabe aos investigadores traçar as linhas normativas do que deverá ser a função docente ou a nova cultura profissional dos professores. Mas do seu esforço de compreensão, desenvolvido de forma cooperativa e articulada com os próprios interessados, e projectado de forma mais ampla na sociedade, poderá ter importantes consequências na evolução do sistema educativo.

### Referências

- Abrantes, P. (1986). *Porque se ensina matemática: perspectivas e concepções de professores e futuros professores* (Provas APCC). Lisboa, DEFCUL.
- Alarcão, I. (1991). Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Schön e os programas de formação de professores. *Cadernos CIDInE*.
- Benavente, A. (1990). O computador e a mudança na escola. In A. Bernardes & E. Veloso (Eds.), *Actas do Encontro "O Computador na Sala de Aula"*. Lisboa: Projecto MINERVA, Pólo DEFCUL.
- Brown, C. A. (1985). *A study of the socialization into teaching of a beginning mathematics teacher*. Unpublished doctoral dissertation, Universidade da Georgia.
- Carpenter, T. P., & Fennema, E. (1989). Building on the knowledge of students and teachers. *Actas do Encontro do PME 13*, Paris, p. 34-45.
- Carpenter, T. P., E. Fennema, P. L. Peterson, & D. A. Carey (1988). Teachers' pedagogical content knowledge in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19, 385-401.
- Changeaux, J.-P., Connes, A. (1991). *Matéria pensante* (Tradução de C. Lourenço e A. P. Oliveira, revisão de A. F. Oliveira). Lisboa: Gradiva.

- Confrey, Jere (1990). A review of the research on student conceptions in mathematics, science, and programming. *Review of Research in Education*, 16, 3-56.
- Cobb, P., Wood, T., & Yackel, E. (1990). Classrooms as learning environments for teachers and researchers. In R. Davis, C. Maher, & N. Noddings (Eds.), *Constructivist views on the teaching and learning of mathematics* (JRME Monograph N° 4). Reston, VA: NCTM.
- Cobb, P., Wood, T., & Yackel, E. (1991). A constructivist approach to second grade mathematics. In E. von Glasersfeld (Ed.), *Radical constructivism in mathematics education*. Dordrecht: Reidel.
- Cooney, T. J. (1985). A beginning teacher's view of problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16, 324-336.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. London: Croom Helm.
- Ernest, P. (1991). Mathematics teacher education and quality. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 16(1), 56-65. (ERIC CD-ROM).
- Fennema, E., & Leof, M. (1992). Teachers' knowledge and its impact. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research in mathematics teaching and learning*. New York, NY: Macmillan.
- Feiman-Nemser, S., & Floden, R. (1986). The cultures of teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3ª edição). New York: Macmillan.
- Fey, J. T. (1978). Mathematics teaching today: Perspectives from three national surveys. *Mathematics Teacher*, 72, 490-504.
- Franco, A. M., & Canavarro, A. P. (1987). *Atitudes dos professores face à resolução de problemas*. Lisboa: APM.
- Fernandes, D. (1989). Aspectos metacognitivos na resolução de problemas em matemática. *Educação e Matemática*, 8, 3-6.
- Fernandes, D. (1992). Examining effects of heuristic processes on the problem solving education of preservice mathematics teachers. In J. Ponte, J. F. Matos, J. M. Matos, & D. Fernandes (Eds.), *New information technologies and mathematical problem solving: Research in contexts of practice*. Berlin: Springer.
- Guimarães, H. (1988). *Ensinar matemática: Concepções e práticas* (Tese de mestrado). Lisboa: DEFCUL.
- Guimarães, H., & Ponte, J. P. (em preparação). *Estudo de caso B*. Lisboa: Projecto DIC.
- Hawkins, D., Apleman, M., Colton, R., & Flexner, A. (1982). *A report of research on critical barriers to the learning and understanding of elementary science*. Washington, DC: National Science Foundation.
- Kilpatrick, J. (1987). What constructivism might be in mathematics education. In J. Bergeron, N. Herscovics, & C. Kieran (Eds.), *Psychology of Mathematics Education: Proceedings of PME-XI*, Montreal.
- Loureiro, M. C. (1991). *Calculadoras na educação matemática: Uma experiência na formação de professores* (Tese de mestrado). Lisboa: DEFCUL.
- McDiarmid, G. W. (1990). Challenging prospective teachers' beliefs during early field experiences: A quixotic undertaking? *Journal of Teacher Education*, 41(3), 12-20 (ERIC CD-ROM).

- Myerson, L. N. (1978). Conceptions of knowledge in mathematics: Interaction with and applications to a teaching methods course (Doctoral dissertation, State University of New York, Buffalo, 1977). *Dissertation Abstracts International*, 38, 733A.
- NCR (1989). *Everybody counts: A report to the nation on the future of mathematics education*. Washington, DC: National Academy Press.
- Noss, R. (1991). The computer as a cultural influence in mathematical learning. In M. Harris (Ed.), *Schools, mathematics and work*. London: Falmer (Publicado originalmente em *Educational Studies in Mathematics*, 19, 1988)
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York, NY: Basic Books.
- Poincaré, H. (1948). La creacion matematica. In M. Kline (Ed.), *Matemáticas en el mundo moderno*. Madrid: Blume.
- Pólya, G. (1965). *Mathematical discovery*, Vol. II (edição combinada, 1981). New York, NY: Wiley.
- Ponte, J. P. (1988). Matemática, insucesso e mudança: problema possível, impossível ou indeterminado? *Aprender*, 6, 10-19.
- Ponte, J. P. (1989). O computador como ferramenta: Uma aposta bem sucedida? *Inovação*, 2(1), 41-48.
- Ponte, J. P. (1991). Ciências da educação, mudança educacional, formação de professores e novas tecnologias. In A. Nóvoa, B. P. Campos, J. P. Ponte, & M. E. B. Santos, *Ciências da educação e mudança*. Porto: Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação.
- Ponte, J. P., & Abrantes, P. (1982). Os problemas e o ensino da matemática. In *O ensino da matemática nos anos 80*. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Matemática.
- Ponte, J. P., & Carreira, S. (1992). Spreadsheet and investigative activities: A case study of an innovative experience. In J. Ponte, J. F. Matos, J. M. Matos, & D. Fernandes (Eds.), *New information technologies and mathematical problem solving: Research in contexts of practice*. Berlin: Springer.
- Ponte, J. P., Matos, J. F., Guimarães, H. M., Leal, L. C., & Canavarro, A. P. (1991). *O processo de experimentação dos novos programas de matemática: um estudo de caso*. Lisboa: IIE.
- Ponte, J. P., Matos, J. F., Guimarães, H., Canavarro, P., & Leal, L. C. (1994). Teachers' and students' views and attitudes towards a new mathematics curriculum. *Educational Studies in Mathematics*, 26(4), 347-365.
- Saxe, G. B. (1991). *culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York, NY: Basic Books.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Schön, D. A. (1991). Introduction. In D. A. Schön (Ed.), *The reflective turn: Case studies in and on educational practice*. New York, NY: Teachers College.
- Schwartz, J. (1978). Mathematics as a tool for economic understanding. In L. A. Steen (Ed.), *Mathematics today: Twelve informal essays*. New York, NY: Springer.

- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Sidani-Tabbaa, A., & Davis, N. T. (1991). *Teacher empowerment through change: A case study of a biology teacher*. Comunicação apresentada no Encontro Anual da Association of Teacher Educators, Nova Orleães. (ERIC CD-ROM).
- Silva, A. (1991). *A calculadora no percurso de formação de professoras de matemática* (Tese de mestrado). Lisboa: DEFCUL.
- Silva, J. S. (1975). *Guia para a utilização do compêndio de matemática* (edição original policopiada de 1964). Lisboa: GEP.
- Taylor, W., D. Aspin, R. K. Elliot, K. Charlton, L. Hudson, D. Lawton, R. Wilson, & G. Holton (1984). *Metaphors of education*. London: Heinemann Educational.
- Thompson, A. G. (1982). *Teachers' conceptions of mathematics and mathematics teaching: three case studies*. Unpublished doctoral dissertation, Universidade da Georgia.
- Thompson, A. G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research in mathematics teaching and learning*. New York, NY: Macmillan.
- Tirosh, D., & Graeber, A. O. (1990). Evoking cognitive conflict to explore pre-service teachers' thinking about division. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21, 98-108.
- Veloso, M. G. (1991). *Novas tecnologias de informação: Um programa de formação de professores de matemática* (Tese de mestrado). Lisboa: DEFCUL.
- Veloso, M. G., & Ponte, J. P. (em preparação). *Appropriation and cognitive empowerment: Cultural artifacts and educational practices*.
- von Glasersfeld, E. (1983). Learning as a constructive activity. In J. Bergeron & N. Herscovics (Eds.), *Proceedings of the Fifth PME-NA*, Montreal.
- Wilcox, S., et al. (1991). *The role of a learning community in changing pre-service teachers' knowledge and beliefs about mathematics education* (ERIC CD-ROM). East Lansing, MI: National Center for Research in Teacher Education.
- Wood, T., Cobb, P., & Yackel, E. (1990). The contextual nature of teaching: mathematics and reading instruction in one second-grade classroom. *Elementary School Journal*, 90(5), 497-513.