O COMPUTADOR NO ENSINO DA MATEMÁTICA: UM PROCESSO DE INOVAÇÃO, INVESTIGAÇÃO E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

JOAO PEDRO PONTE,
DE LA UNIVERSIDADE DE LISBOA (PORTUGAL)

O computador, símbolo por excelência do progresso científico e tecnológico que se desenvolve a um ritmo cada vez mais acelerado, tem desde a sua origem uma relação muito especial com a Matemática, influenciando hoje muitos aspectos do seu desenvolvimento. Poderá vir a ter um papel igualmente significativo no que respeita ao ensino desta disciplina?

Este trabalho dá conta de actividades e experiências que a este respeito desde 1985 vêm sendo desenvolvidas em Portugal. Assim, num primeiro momento, serão discutidas as relações entre o computador e a Matemática. Seguidamente, será feita uma breve apresentação do Projecto MINERVA, criado com o objectivo de introduzir nas escolas as Novas Tecnologias da Informação. Em terceiro lugar, serão passadas em revista algumas das experiências e trabalhos de investigação realizados e apresentadas as linhas mestras do programa de formação. Depois, à luz desta experiência, analisam-se as principais oportunidades que o computador oferece para utilização educativa, discutindo-se as respectivas potencialidades e condições de implementação, e finalmente, esboçam-se algumas conclusões.

A Matemática e o Computador

As relações entre a Matemática e o computador são complexas e interactivas, desenvolvendo-se nos dois sentidos. Por um lado a Matemática é responsável por contributos decisivos para o seu surgimento e contínuo aperfeiçoamento, de tal forma espectacular que as suas capacidades em certas tarefas ultrapassam as do próprio pensamento humano. Por outro lado, a Matemática, como ciência dinâmica e em constante evolução, vê o seu desenvolvimento já hoje fortemente influenciado pela sua existência, tanto no que respeita aos problemas como aos métodos de investigação. Analisemos estas relações um pouco mais de perto.

A Matemática e o Desenvolvimento dos Computadores

Sem esquecer o papel de diversos domínios da ciência e da técnica, que permitiram a sua construção prática, podemos considerar o computador como sendo o resultado natural do desenvolvimento de certas áreas da Matemática.

A sua concepção geral esteve na mente de diversas gerações de matemáticos. Entre eles é obrigatório salientar Napier com as suas rodas logarítmicas, e Pascal e Leibniz que construíram máquinas para realizar operações aritméticas. Este último desenvolveu mesmo todo um programa para a construção de uma linguagem universal que permitisse a automatização do pensamento.

Um passo decisivo foi dado por Alan Turing, que, em 1936, elaborou uma análise profunda e rigorosa da noção de cálculo, em termos muito mais gerais do que a habitual noção aritmética. De facto, calcular, não é mais do que operar com combinações de símbolos que traduzem um dado problema, transformando-as noutras combinações com os mesmos ou outros símbolos, sejam estes números ou outros sinais representando relações ou outros seres matemáticos. O objectivo é chegar a uma formulação mais simples ou a uma lei conhecida, constituindo a solução pretendida. Turing apresentou um modelo teórico duma possível "máquina lógica",

chegando à conclusão que deveria ser possível construir "computadores universais", susceptíveis de serem programados para efectuar qualquer tipo de cálculo (M. Davis, 1978).

Na década de quarenta, máquinas baseadas primeiro em sistemas mecânicos, e depois em sistemas analógicos e digitais, começaram a ser desenvolvidas com o propósito de realizar cálculos específicos. Um progresso fundamental deu-se com outro matemático eminente, John von Neumann, preocupado com a previsão do tempo, e, posteriormente, com a construção da bomba atômica. Qualquer uma destas actividades exigia um volume de cálculos absolutamente monstruoso para a época. A solução de von Neumann, desenvolvida a partir de 1944, traduziu-se na concepção e aperfeiçoamento de uma máquina susceptível de executar os mais diversos programas, sendo a sua arquitectura básica constituída por unidade de controlo, unidade de cálculo, memória, e canais de entrada e saída de informação, sistema em que se baseiam ainda hoje os modernos computadores.

Assim, a progressiva formalização da Matemática e o desenvolvimento de campos como a Lógica Matemática, e em especial, as "teorias da compatibilidade", constituíram as bases teóricas indispensáveis para o aparecimento e o contínuo desenvolvimento tanto do computador como de toda a ciência da computação.

Influência dos Computadores na Matemática

Por outro lado, nos anos mais recentes, o computador tem tido uma influência fundamental na evolução da própria ciência matemática, tudo indicando que essa tendência se venha continuar a acentuar nos tempos mais próximos.

Um dos aspectos mais óbvios desta influência diz respeito ao cálculo. Desde há muito tempo que foram desenvolvidas abordagens numéricas para numerosos problemas (como o cálculo de zeros de funções, a determinação de valores próprios de matrizes, a resolução de equações diferenciais, etc.). No entanto, dado o volume de cálculos necessário, essas abordagens tinham, na maior parte dos casos, uma reduzida utilização prática. Com o surgimento do computador, o panorama mudou por completo, existindo hoje diversos domínios das ciências humanas e das ciências naturais cujas actividades de pesquisa se baseiam na construção e análise de modelos computacionais, baseados em modelos matemáticos que exploram justamente a sua incrível capacidade de cálculo.

Mas os cálculos necessários para a resolução de um determinado problema não têm de ser de natureza numérica. Em Matemática é possível operar com os objectos mais diversos, como funções, espaços, ou estruturas algébricas. Com frequência, estes cálculos se tornam de tal forma intrincados que é necessário muito tempo e uma enorme paciência para os realizar até ao fim. O risco de um engano furtivo é enorme, tornando a tarefa simultaneamente penosa e ingrata. Penosa, pela atenção constante que requer. Ingrata, porque um erro descoberto numa fase relativamente preliminar da tarefa pode deitar a perder todo um longo período de trabalho. E isto tende a desencorajar os matemáticos de investir neste tipo de domínios. Assim, em muitas áreas da Matemática existem as chamadas "fronteiras da intratabilidade" (Pavelle, Rothstein & Fitch, 1981), ou seja, limites para além dos quais o peso dos cálculos desencoraja a formulação e a resolução de problemas. Algumas destas áreas, como a Análise Tensorial e a Teoria da Gravitação, foram sendo progressivamente abandonadas pelos investigadores à medida que esses limites foram sendo atingidos. Mas o computador, para além de realizar cálculos

numéricos e obter soluções aproximadas para os mais diversos problemas, é também capaz de realizar manipulação de símbolos de qualquer espécie. Uma nova geração de programas, justamente chamados "programas de manipulação simbólica", vem permitir estender as fronteiras da intratabilidade de muitos domínios da Matemática muito para além dos seus limites anteriores, possibilitando o ataque com êxito a numerosos problemas anteriormente deixados em aberto.

Um dos aspectos mais significativos de desenvolvimento dos computadores, nos últimos anos, diz respeito à sua capacidade de manipulação de gráficos da mais variada espécie, aspecto especialmente patente nas máquinas que possuem grande memória e rapidez. Ora, as representações gráficas são desde há muito um elemento fundamental da actividade matemática. Traduzem toda a tradição do pensamento geométrico, que continua a permear profundamente a Matemática do nosso tempo. Estas representações são fundamentais para o desenvolvimento de intuições e de significados nos matemáticos, ajudando na formulação de conjecturas e de vias de demonstração. O computador revela-se neste aspecto um auxiliar precioso na criação de novas ideias, novos conceitos e novas teorias.

O computador tem, finalmente, constituído uma fecunda fonte de problemas para os Matemáticos. Os problemas ligados à análise de algoritmos e estruturas de dados têm levado ao surgimento de novos conceitos e novos métodos de trabalho, sendo em muitos casos impossível de distinguir a linha separadora entre a Matemática e as Ciências da Computação.

A influência do computador pode assim observar-se nos mais diversos aspectos: (a) nas teorias Matemáticas, promovendo o surgimento de novos problemas e domínios de investigação, proporcionando novas abordagens a problemas deixados em aberto, e contribuindo para modificar a própria natureza das teorias, dando maior ênfase aos aspectos algorítmicos e às soluções susceptíveis duma construção efectiva; (b) na prática da investigação, fornecendo novas ferramentas que convidam naturalmente à "experimentação", formulando e testando conjecturas; e (c) no que respeita às aplicações da Matemática, alargando tremendamente o seu âmbito e o seu alcance, automatizando processos, constituindo um meio insubstituível para a geração, tratamento e análise de dados e para a tomada de decisões.

As ligações entre a Matemática e o computador dificilmente poderiam ser mais estreitas. A Matemática começou por dar um contributo decisivo ao nível dos fundamentos das Ciências da Computação. Mas a grande versatilidade das aplicações susceptíveis de serem tratadas em computador com base em modelos matemáticos veio a alargar profundamente a natureza desta relação. Hoje, a Matemática, o computador e as aplicações constituem um poderoso sistema, fortemente interligado e dotado duma enorme sinergia, produzindo resultados que anteriormente seriam impossíveis e originando ideias nunca até aqui imaginadas (National Research Council, 1989).

O Computador e a Renovação do Ensino da Matemática

A profunda ligação entre o computador e a Matemática constitui um argumento de peso para que se considere com atenção a possibilidade da sua utilização educativa. Se o computador se está a revelar útil aos matemáticos e a todos aqueles que correntemente utilizam esta ciência, se está a contribuir para o desenvolvimento de novas práticas de investigação e novas abordagens, não será de

interesse explorar as suas potencialidades no campo do ensino?

Na realidade, a necessidade de se encontrarem meios que possam tornar mais eficiente o ensino da Matemática é sentida desde há muito. Relativamente à situação desta disciplina na escola não será exagero falar dum fenómeno de "crise permanente", fortemente marcado pelo problema do insucesso dos alunos. Sabemos como é grande o insucesso contabilizado administrativamente através das reprovações. Mas é preciso considerar sobretudo o "insucesso real", bem mais difundido e mais difícil de quantificar. Este existe sempre que os alunos retiram do seu contacto com a Matemática uma experiência negativa, acumulando frustrações, dificuldades, incompreensões, concepções erróneas e, como natural corolário, uma atitude global de desinteresse ou mesmo rejeição em relação à disciplina.

A introdução do computador nos sistemas educativos não deve ser vista como "uma solução à procura de um problema". Pelo contrário, tal introdução deverá ser equacionada no quadro duma mais ampla reflexão que identifique claramente os problemas reais que pretendemos resolver, tendo em conta a realidade duma escola em profunda transformação, sujeita como está a diversas pressões de ordem tecnológica, cultural, social e económica.

O Projecto MINERVA

O Projecto MINERVA foi criado em 1985 com o objectivo de introduzir as Novas Tecnologias da Informação nas escolas portuguesas. São três as suas grandes linhas de acção: (a) o ensino das Novas Tecnologias da Informação, (b) o seu uso no ensino das disciplinas curriculares e (c) a formação de professores. Na prática, a vertente fundamental tem sido a utilização do computador como meio auxiliar para as mais diversas aprendizagens, tendo como pano de fundo uma perspectiva inovadora que sublinha a importância de novos objectivos educativos.

O Projecto surgiu por iniciativa de um grupo de especialistas de Informática, que congregaram o apoio de docentes universitários de diversas áreas científicas, incluindo a educação. A preocupação existente desde o início com a vertente da formação de professores levou igualmente a uma integração progressiva de Escolas Superiores de Educação e Departamentos Universitários especificamente para tal especialmente vocacionados, estando presentemente envolvidas 25 instituições de Ensino Superior.

O Projecto integra escolas de todos os níveis de ensino, do Pré-Escolar ao Secundário. O seu número tem aumentado progressivamente de ano para ano, prevendo-se para o ano lectivo 1990-91 o envolvimento das seguintes escolas:

Quadro 1

Envolvimento de Escolas no Projecto MINERVA
(Ano lectivo de 1990-91)

	Escolas		
	Total	No Projecto	Percentagem
Pré-Escolar:		19	
Primário (1-4):	10000	313	03
Preparatório (5-6):	233	174	75
C+S (5-9):	273	111	41
Secundário (7-12):	389	247	63
Outras:		17	

No Projecto MINERVA as estruturas organizativas e a iniciativa estão muito descentralizadas. Cada instituição de ensino superior, Universidade ou Escola Superior de Educação, constituindo um Pólo, apoia a actividade de um certo número de escolas dos outros níveis de ensino. Estas, por sua vez, têm usualmente grande autonomia na definição dos seus próprios planos de trabalho e na condução das suas actividades.

Nas escolas, o Projecto vive essencialmente de actividades informais, realizadas tanto no âmbito curricular como extracurricular, e da realização de experiências. Os alunos são familiarizados com os programas utilitários de uso mais corrente, com a linguagem de programação LOGO, e com outros programas. Utilizam-nos para simples exploração, para o desenvolvimento de projectos e de actividades de investigação, tal como para apoio e aprendizagens específicas, e para actividades de remediação.

As diversas instituições universitárias e de formação, pelo seu lado, desenvolvem programas específicos de formação, tanto para professores já em serviço, como para alunos dos cursos de formação inicial, realizam actividades de desenvolvimento curricular (incluindo software e materiais de apoio e formação), e realizam actividades de investigação.

A filosofia dominante no Projecto aponta para um grande envolvimento do aluno no processo de aprendizagem. Assim, o computador é visto essencialmente como um objecto que ele deve ser capaz de manejar com desembaraço, ao serviço das mais diversas actividades e projectos.

Entre os aspectos mais significativos da actividade do Projecto MINERVA contam-se (a) a emergência nas escolas de verdadeiras equipas de professores empenhados em actividades comuns, evidenciando uma atitude de empenhamento profissional, ultrapassando o tradicional isolamento entre docentes e concretizando uma colaboração interdisciplinar, (b) a afirmação do papel dos alunos nos processos de inovação educativa, consagrando-lhes um espaço onde podem desenvolver as suas capacidades de iniciativa e de intervenção, e (c) o ambiente de colaboração que se estabeleceu entre escolas e entre docentes de diversos graus de ensino, do primário ao superior.

Brève Descrição de Algumas Experiências

Procurarei ilustrar, com exemplos concretos, algumas das experiências e investigações realizadas no quadro deste Projecto. Elas abrangem os diversos níveis de ensino, desde o primário ao secundário, realizaram-se dentro e fora da sala de aula e exemplificam uma variedade de estratégias e situações no que respeita à utilização do computador. Estas experiências decorreram nas escolas em ambientes pedagógicos tanto quanto possível próximos dos reais. A recolha de dados foi feita através de instrumentos diversificados, tanto de natureza qualitativa como quantitativa, que permitissem "cruzar" a informação disponível. Além disso, esta recolha foi feita de forma natural, ou integrada nas próprias actividades dos alunos, ou por observação directa, com registos tanto quanto possível detalhados.

Logo no Ensino Primário

Trata-se de uma investigação conduzida por João Filipe Matos (1987), no quadro das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, tendo os trabalhos de campo decorrido de Janeiro a Junho de 1986.

A proposta pedagógica caracterizava-se pelos seguintes aspectos: (a) os alunos trabalhavam em grupos de dois, sob orientação das suas professoras; (b) preparavam com antecedência os seus projectos, antes de os realizar no computador, de acordo com o seu plano semanal de actividades; (c) procurava-se estabelecer uma articulação permanente com as restantes actividades escolares, sendo as descobertas mais significativas registadas em fichas e discutidas com toda a turma.

Quadro 2

Anos de escolaridade: 1º e 4º

Tópicos: Conceitos de Aritmética e Geometria do Ensino Primário;
Noção de Variável

Alunos envolvidos: 39 (2 turmas)

Duração das actividades: 5 meses

Equipamento: 2 computadores Sinclair Spectrum 48K e 2 impressoras
(1 par por cada sala de aula)

Software: Sinclair Logo, adaptado numa versão portuguesa

Ambiente de trabalho: Sala da aula, onde foi reservando um espaço para o computador

Em análise estava o estudo do ambiente de aprendizagem criado com a utilização da Linguagem Logo e o processo de construção do conceito de variável por parte dos alunos.

A metodologia usada foi a observação participante, utilizando registos escritos e audio das interacções na sala de aula e recorrendo a entrevistas a alunos e professores.

Entre os principais resultados, deve indicar-se:

1) O ambiente de aprendizagem foi particularmente estimulado pela realização de projectos no computador negociados entre os alunos e o professor muitas vezes no âmbito de actividades de natureza mais geral.

2) As aprendizagens de determinados conteúdos específicos foram profundamente estimuladas pela utilização da linguagem Logo. Por exemplo, para conseguir levar a bom termo os seus projectos, os alunos tiveram de dominar os conceitos de ângulo e de comprimento, o sistema de numeração, e particularmente os números decimais.

3) Desenvolveram-se novas aprendizagens, quer de natureza prática, quer de natureza conceptual; estas, no entanto, não são muitas vezes reconhecidas pelos alunos como tendo a mesma importância que as aprendizagens curriculares tradicionais.

4) A partir de certa altura começou-se a assistir a uma certa diferenciação, com alguns alunos a envolverem-se cada vez mais e outros a diminuir a frequência das suas actividades.

5) Surgiram novos papéis dentro da sala de aula, nomeadamente os "alunos especialistas", que em alguns aspectos de ordem técnica chegam a ser mais expeditos que o professor e se prestam a ajudar os seus colegas a ultrapassar as suas dificuldades.

6) O interesse e envolvimento manifestado pelos professores repercutiu-se nos alunos, que revelam um empenhamento mais significativo nas tarefas que sentiam ser mais valorizadas.

7) O conceito de variável foi utilizado apenas em termos muito simples, não se verificando uma efectiva apropriação por parte dos alunos.

Logo no Ensino Preparatório

Esta experiência foi conduzida por Ana de Barros Trigueiros

(1989), uma professora do ensino preparatório. Os trabalhos de campo decorreram de Janeiro a Maio 1988.

Quadro 3

Anos de escolaridade: 5^o

Tópicos: Conceitos de Geometria e Aritmética do Ensino Preparatório

Alunos envolvidos: 15 (5 grupos de 3)

Duração das actividades: 2 horas por semana, durante 5 meses

Equipamento: 1 computador Philips NMS 9100 DD

Software: LogoWriter

Ambiente de trabalho: Clube

A proposta pedagógica subjacente a esta experiência consistia na exploração dos comandos do Logo e realização de projectos de natureza gráfica, acompanhada por discussão, estimulada pela professora, das dificuldades que iam surgindo.

Pretendia-se observar as capacidades que se desenvolvem com o Logo e pesquisar que conceitos matemáticos se poderiam explorar com o aparecimento de "pequenos" projectos.

A metodologia de recolha de dados baseou-se em notas de observação tiradas pela própria investigadora, durante e após as sessões.

Entre os resultados deve referir-se:

1) A interrupção dos trabalhos dos alunos, em momentos oportunos, para introduzir conceitos e discussões matemáticas foi considerada muito vantajosa.

2) Tornou-se habitual nos alunos as actividades de descoberta, a integração dos erros, a selecção de estratégias e o uso de várias técnicas de trabalho.

3) Melhorou-se a socialização do comportamento e o espírito crítico.

4) Num dos alunos, verificou-se uma evolução extremamente significativa de confiança nas suas capacidades.

5) O próprio professor refere, ter-se tornado mais reflexivo nas suas interações junto dos alunos, controlando melhor a sua impulsividade.

Folha de Cálculo no Ensino Preparatório

Trata-se de uma investigação realizada no quadro do mestrado, em educação, conduzida por Leonor Moreira (1989). Os trabalhos de campo decorreram de Março a Junho de 1987.

De acordo com a proposta pedagógica deste estudo, os alunos trabalhavam em grupos de 3, sob a orientação da investigadora, sendo as actividades e problemas apresentadas sob a forma de fichas de trabalho.

O problema do estudo tinha três aspectos essenciais: (a) detectar eventuais dificuldades na aprendizagem da folha de cálculo, (b) identificar os efeitos da sua utilização, tanto no desenvolvimento da capacidade de formulação e resolução de problemas, como na construção de conceitos, (c) detectar possíveis diferenças entre os sexos.

Quadro 4

Anos de escolaridade: 6°
Tópicos: Proporcionalidade e Resolução de Problemas
Alunos envolvidos: 18 (6 grupos de 3)
Duração das actividades: 4 meses
Equipamento: 3 computadores Amstrad PC 1512 e impressoras
Software: Supercalc 3 (Folha de Cálculo)
Ambiente de trabalho: Clube/Sala de Aula modificada

A metodologia contemplava (a) testes para detectar diferenças no aproveitamento e capacidade de resolução de problemas, (b) análise dos trabalhos dos alunos gravados nos respectivos discos, (c) observações sistemáticas utilizando um instrumento-guia e (d) elaboração de um diário de registos.

Entre os resultados deve assinalar-se:

1) O diálogo dos alunos com o computador foi inicialmente dificultado pelo facto do programa se encontrar em inglês, mas com a sua familiarização progressiva foi-se tornando cada vez mais fácil e natural.

2) Os alunos só utilizaram um número limitado de comandos e funções, mas a sua estrutura complexa não constituiu obstáculo a um domínio relativamente rápido do programa, possibilitando o seu uso para as tarefas propostas.

3) A folha de cálculo teve um efeito positivo na construção dos conceitos de proporcionalidade e de percentagem, na resolução de situações problemáticas e na análise de gráficos.

4) Os alunos atenuaram a tendência para começar a fazer contas de imediato, ao ler o enunciado de um problema, demorando-se mais na sua análise antes de entrar na fase de resolução.

5) Verificou-se igualmente uma tendência para espontaneamente experimentarem novos valores, novas relações entre os dados e fazerem a sua visualização gráfica, aspectos que raramente se observam no ensino usual.

6) Os grupos eram no início heterogéneos, verificando-se fenómenos de liderança e obstrução à iniciativa dos colegas por parte dos alunos com classificação superior em Matemática, sendo reconstituídos de forma tanto possível homogénea relativamente ao aproveitamento nesta disciplina.

7) Não se registaram diferenças significativas entre os sexos.

Logo e utilitário de desenho no ensino unificado

Trata-se de uma investigação realizada igualmente no quadro do mestrado em educação por Maria Augusta Neves (1988). Os trabalhos de campo decorreram de Março a Maio de 1987.

Quadro 5

Ano de escolaridade: 9°
Tópico: Geometria
Alunos envolvidos: 24, em situação de insucesso
Duração das actividades: 15 sessões de 50 minutos
Equipamento: 6 computadores Amstrad PC 1512 e 3 impressoras
Software: LogoWriter e GEM Paint (versões originais em inglês)
Ambiente de trabalho: Sala de aula modificada (meia turma)

Na proposta pedagógica deste estudo tanto o programa GEM

Paint como a linguagem Logo foram introduzidos através de actividades relativas a conteúdos de geometria, na sua maioria estruturadas, propostas em textos de apoio, sob a orientação da investigadora.

Nesta investigação procurava-se estudar a possível contribuição do computador para a recuperação de alunos de 9º ano em Geometria em situação de insucesso, comparando um utilitário de desenho e a Linguagem Logo no que respeita (a) à aquisição de conceitos geométricos, (b) ao desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas e (c) ao desenvolvimento de uma visão global dos alunos relativamente à Geometria.

A metodologia incluiu (a) testes convencionais de aproveitamento, (b) cartas escritas pelos alunos, e (c) observações registadas na caderneta.

Os resultados mostraram que:

1) Ambos os programas permitiram uma fácil familiarização dos estudantes com o computador, não se verificando dificuldades particulares no seu domínio.

2) Tanto o GEM Paint, como o Logo, promoveram progressos significativos, quer no domínio de conceitos de Geometria, quer na capacidade de resolução de problemas geométricos, não havendo diferenças significativas entre os dois ambientes de aprendizagem.

3) Os alunos modificaram a sua visão global relativamente à Geometria, evoluindo num sentido positivo no que respeita à sua opinião sobre a respectiva utilidade prática, a sua facilidade em estudá-lo, e a sua satisfação com os conhecimentos adquiridos.

4) Verificou-se uma evolução radical da atitude de alguns alunos em relação à escola e à disciplina de Matemática.

5) Foi fundamental para o êxito da experiência a relação estabelecida com os alunos, retirando-os da situação de marginalidade, dignificando-os e valorizando-os como pessoas.

Logo.Geometria no Ensino Secundário

Trata-se de um estudo conduzido por Manuel Saraiva, tendo os trabalhos de campo decorrido de Janeiro a Junho 1990.

A proposta pedagógica posta em prática baseava-se em fichas de trabalho, com situações e problemas para explorar e resolver, em grupos de dois, três ou quatro alunos, sob orientação dos respectivos professores. Aos alunos era pedido que elaborassem relatórios sobre o trabalho feito e as dificuldades encontradas.

Quadro 6

Anos de escolaridade: 10º

Tópicos: Geometria Analítica e Vectorial

Alunos envolvidos: 43 (2 turmas)

Duração das actividades: 2 horas por semana durante 10 semanas

Equipamento: 8 computadores tipo PC

Software: Logo.GEOMETRIA, numa versão especialmente adaptada para o estudo da Geometria vectorial

Ambiente de trabalho: Sala de Aula

Esta investigação tinha por objectivo analisar as potencialidades do Logo.GEOMETRIA para promover nos alunos (a) a construção de conceitos, (b) a capacidade de formulação e resolução de problemas, (c) a compreensão da necessidade das demonstrações, (d) a capacidade de trabalhar em grupo, e (e) uma nova atitude e visão da Matemática.

A metodologia incluiu testes, análise do trabalho dos alunos,

notas de observação tiradas durante e após as sessões, questionários aos alunos e entrevistas aos professores envolvidos.

Os resultados, ainda preliminares, indicam que:

1) O nível de participação elevou-se significativamente, tendo os alunos, passado a fazer mais perguntas e a mostrar mais convicção na defesa das suas ideias.

2) Os alunos mostraram satisfação não só na resolução de problemas "fáceis", mas também na resolução de problemas mais complicados.

3) Verificou-se em diversas situações uma tendência para utilizar o método analítico, mesmo quando uma abordagem geométrica pareceria apropriada.

4) Os alunos adquiriram uma melhor noção do papel do erro em Matemática, da necessidade de se fazerem e testarem conjecturas, conduzindo a uma noção diferente desta disciplina.

Folha de Cálculo no Ensino Secundário

Este trabalho foi conduzido por duas professoras, Georgina Tomé e Susana Carreira (1989). Os trabalhos de campo decorreram durante todo o ano lectivo de 1988/1989.

Quadro 7

Anos de escolaridade: 11^o

Tópicos: Funções, Sucessões, Limites, Continuidade

Alunos envolvidos: 38 (2 turmas)

Duração das actividades: 1 ano lectivo

Equipamento: Computadores tipo PC (2 numa escola e 4 noutra)

Software: Supercalc 4

Ambiente de trabalho: Sala de Aula

A proposta pedagógica subjacente a este estudo consistia na reorganização dos conteúdos programáticos com vista a possibilitar a realização de trabalho de grupo, com base em fichas orientadoras baseadas em situações problemáticas. As actividades desenvolvidas traduziram-se na exploração e discussão baseada na folha de cálculo, complementada com a respectiva discussão analítica, sob a orientação das respectivas professoras.

Procurava-se estudar a possibilidade da criação de um ambiente pedagógico baseado na exploração de situações problemáticas, com uso sistemático da folha de cálculo.

A metodologia de recolha de dados consistiu no registo e análise do trabalho dos alunos (avaliação contínua).

Os resultados indicaram que:

1) Se registou uma nova dinâmica, não só no funcionamento das aulas, mas também no empenho dos alunos na qualidade do seu trabalho, traduzindo-se na pertinência das observações, na validade dos raciocínios, na originalidade das estratégias, e na correcção na apresentação dos resultados.

2) O papel da folha de cálculo ultrapassou as expectativas iniciais das professoras, sendo um elemento originador de investigações cada vez mais incisivas, baseadas em análises de dados e de gráficos.

3) Os alunos sentiram que a resolução de problemas lhes estimulava as capacidades de raciocínio, apercebendo-se de novos aspectos da construção da Matemática.

A Formação de Professores

A integração do computador na prática pedagógica exige obviamente que se considere a formação dos professores. Para poderem usar este instrumento educativo em primeiro lugar os professores têm de estar à vontade. Para isso precisam de adquirir um conjunto de competências de ordem técnica, incluindo o conhecimento de alguns princípios básicos do seu funcionamento, uma familiaridade com os sistemas operativos mais correntes, e o domínio dos programas que pretendem utilizar.

As necessidades de formação são muito mais extensas do que o que muitas vezes se julga porque o software mais interessante e mais rico do ponto de vista educativo, não é de aplicação imediata. Uma reflexão profunda por parte dos professores é indispensável para a sua utilização. Com que objectivos irão ser utilizados? Que tarefas irão ser propostas aos alunos? Como se vai fazer a organização da sala de aula? Como é a avaliação da aprendizagem? Enfim, não basta saber como lidar com o computador e usar o respectivo software, é preciso saber como o integrar no conjunto das actividades educativas.

A formação dos professores não deve ser portanto equacionada puramente em termos de ordem técnica. Aliás, a experiência tem mostrado que se a formação se restringe a aspectos estritamente técnicos, como a que é feita por muitas empresas de informática, o que se verifica é que os professores têm grandes dificuldades em decidir que objectivos pedagógicos devem definir e que metodologias de trabalho adoptar, acabando por não usar os computadores ou fazer deles uma utilização muito reduzida. Sendo indispensável que a formação contemple uma vertente pedagógica, a grande questão está em saber no que deve consistir essa vertente e como a articular com a dita componente "técnica".

O esquema geral de formação adoptado baseia-se na diversificação das ofertas de formação e na sua articulação com as restantes actividades do Projecto, procurando-se ter em conta:

a) O potencial inovador em termos de novos objectivos, conteúdos, metodologias e práticas de avaliação que para o ensino representam todas as novas possibilidades de tratamento automático da informação, no que respeita à recolha e armazenamento de dados, ao seu processamento, na comunicação e no controlo de mecanismos e processos.

b) O processo de mudança conceptual, das atitudes e das práticas pedagógicas dos professores, apontando para o enriquecimento e a diversificação das estratégias de ensino, e estimulando uma atitude de reflexão permanente.

c) A questão das estruturas da escola, em termos de espaços, de tempos, de relações e de práticas, procurando novos contextos educativos mais propícios ao desenvolvimento de metodologias incentivadoras da actividade, da participação, da colaboração, do espírito crítico e da criatividade, sem o que se perderá uma fracção substancial do potencial inovador destas tecnologias.

d) Finalmente, a necessidade duma congruência entre os princípios pedagógicos explicitamente defendidos para o processo de aprendizagem dos alunos e os princípios de facto subjacentes à condução das próprias actividades de formação.

Em particular, a formação dos professores de Matemática não é equacionada isoladamente em relação à formação dos professores das outras disciplinas. Existem programas com especial interesse para a Matemática e aspectos próprios na didáctica desta disciplina que necessitam de ser abordados em momentos específicos de formação. Mas também existe uma grande margem para colaboração com outros

professores, nomeadamente ao nível de projectos interdisciplinares, bem como nas análises de muitas problemáticas que são comuns a outras áreas e que se enriquecem com o confronto de vários pontos de vista.

A formação contempla assim aspectos de carácter técnico (relativos à utilização dos diversos equipamentos e programas), de enquadramento da informática como fenómeno tecnológico, social e cultural, de reflexão epistemológica (nomeadamente sobre a natureza do conhecimento em geral e de cada área disciplinar), de carácter pedagógico, psicológico e sociológico (discutindo aspectos como a natureza das actividades de aprendizagem, dos processos de construção do conhecimento e das relações entre os diversos intervenientes no processo de ensino-aprendizagem), e de natureza curricular (assumindo aqui particular importância a concepção, apoio e avaliação de projectos educativos).

A formação tem de ter em conta o público a que se destina. No sistema educativo, em matéria de Novas Tecnologias de Informação, há a distinguir diversos tipos de públicos com necessidades e interesses bem diferenciados. A maioria dos professores têm uma forma geral carências de informação acerca do papel destas tecnologias. No entanto, alguns professores desejam já utilizá-las, mais ou menos extensivamente. Finalmente, outros estão a caminho de se tornar especialistas na sua utilização (nomeadamente participando em vertentes tão decisivas como o desenvolvimento de aplicações educativas ou a animação educativa). Tendo em conta a existência de professores em situações muito diferenciadas, tanto em matéria de experiência prévia como de apetência por formação nestas tecnologias, para cada um deles é necessário encontrar a modalidade ou nível de formação mais apropriado.

Nesta ordem de ideias distinguem-se quatro níveis fundamentais de formação: (a) sensibilização, (b) iniciação, (c) aprofundamento, e (d) formação de formadores.

As acções de sensibilização, são dirigidas aos professores em geral ou a grupos específicos, contemplando tanto quanto possível aplicações bem significativas no campo escolar, sendo a sua duração normalmente não superior a um dia. Com elas pretende-se que os professores encarem os computadores como meios auxiliares que poderão ser usados de diversas formas no ensino.

As actividades de iniciação são especialmente dirigidas aos professores interessados em usar algumas aplicações das Novas Tecnologias de Informação mais relevantes para o ensino da sua área disciplinar. Têm por objectivo facilitar a introdução do professor à máquina, permitindo-lhe aperceber-se da sua lógica de funcionamento e desenvolver uma relação de confiança. A sua duração é tipicamente não superior a uma semana. Assim, de especial interesse para os professores de Matemática têm sido as acções visando a Folha de Cálculo, os programas de gráficos, e a Linguagem LOGO.

As acções de aprofundamento dirigem-se aos professores já com alguma experiência em matéria de Novas Tecnologias de Informação que desejam consolidar e ampliar os seus conhecimentos e competências, com vista a melhor poderem desempenhar um papel activo de dinamização, na sua escola ou área de intervenção profissional. Atendendo à diversidade das situações a contemplar nestes cursos, a sua duração e natureza é bastante variável.

Alguns destes cursos têm um foco disciplinar. A preocupação é que os professores reflectam sobre a sua própria experiência de utilização do computador e considerem novos aspectos que possam vir a servir de base ao desenvolvimento de projectos pessoais e a

incorporar na sua prática pedagógica. No nosso Pólo do Projecto existe experiência de realização destas acções para os professores de Matemática, Biologia, Ciências Humanas, Línguas e do Ensino Primário.

Outros destinam-se por exemplo aos professores que nas escolas constituem as equipas de coordenação. Estes professores têm naturalmente uma função chave nos processos de dinamização pedagógica, de orientação e articulação de projectos educativos, intervindo ainda na sensibilização e iniciação dos restantes professores da sua escola à utilização educativa das Novas Tecnologias de Informação.

As acções de formação de formadores dirigem-se aos diversos intervenientes nos processos de desenvolvimento curricular, administração de recursos, coordenação e avaliação de projectos, etc., em matéria de Novas Tecnologias de Informação. Estas acções, com uma duração prolongada, desenvolvendo-se tipicamente ao longo de todo um ano lectivo, destinam-se essencialmente a professores que irão desempenhar (ou já desempenhem com formação insuficiente) o papel de coordenadores da introdução das Novas Tecnologias de Informação no sistema educativo, a nível do aparelho administrativo e das estruturas de coordenação pedagógica, e de formadores nas instituições de formação ou em outras estruturas do Projecto MINERVA.

Tem-se em vista, em última análise, o desenvolvimento de um estilo de prática profissional nos professores em que estes mostram capacidade de seleccionar os recursos e instrumentos necessários à sua actividade, mostram iniciativa na concepção de propostas de trabalho para os alunos, e mantêm uma reflexão permanente acerca dos resultados da sua aplicação. Por outras palavras, a autonomia na concepção e execução do seu próprio projecto pedagógico, vivido individualmente ou em grupo, é o objectivo fundamental deste programa de formação.

Nestes cursos procura criar-se permanentemente ambiente de "estilo activo", com amplo recurso a actividades de natureza prática; os exemplos são trabalhados têm tanto quanto possível ligação com o currículo, procurando-se considerar como poderia ser feita a sua utilização educativa e recorrendo à análise de experiências já realizadas.

Sendo esta a estrutura base do nosso programa de formação, seria errado reduzi-lo às acções formais que se desenvolvem no seu quadro. Todas as actividades de formação estão em última análise ligadas às actividades nas escolas e dos diversos grupos de projecto. Além disso, a formação é vista como um processo ininterrupto, cuja responsabilidade cabe fundamentalmente ao próprio professor.

A investigação no domínio da formação de professores tem posto em evidência que a implicação pessoal dos formandos é o elemento chave do processo de formação. Uma melhoria significativa de recursos e condições de trabalho das escolas que não seja acompanhada por uma mudança de atitudes no sentido dum mais intenso envolvimento profissional dos professores poucas mudanças reais acabará por trazer ao processo de ensino-aprendizagem.

Assim, é preciso que o processo de formação conte com a participação dos professores, tendo estes uma voz importante no que respeita à sua organização, condução e avaliação. Só assim se poderá evitar que sejam simplesmente colocados na posição de "consumidores", que "compram" de boa ou de má vontade o produto que lhes é oferecido.

A tradição paternalista da formação, em que o formador tem todo o poder de decisão, e decide só por si quais são as

necessidades e as carências do formando, é um dos aspectos que mais entrava a implicação dos professores. Numa perspectiva alternativa, apontando para a autonomia e responsabilização do formando, procura-se incentivar a auto-formação. Nesta, é o próprio formando que determina os seus objectivos, os meios que vai utilizar, a natureza das fases e das etapas a percorrer. A capacidade de gerir a sua própria aprendizagem é naturalmente um aspecto essencial deste processo. E por isso dada grande atenção à constituição de estruturas que facilitem e incentivem o processo de auto-formação, a todos os níveis.

Conclusão

Passámos em revista as relações entre o computador e a Matemática. Analisámos alguns trabalhos de investigação e diversas experiências realizadas por professores com vista à sua integração educativa. Descrevemos como esta actividade se interliga com o processo da formação de professores. Resta-nos agora formular um conjunto de conclusões.

A Matemática e a Sociedade de Informação

Como nos mostram eloquentemente Davis e Hersch (1986) no seu livro "O sonho de Descartes", um dos fenómenos mais marcantes do mundo moderno é a matematização/informatização geral da sociedade, com larguíssima utilização dos modelos matemáticos. Podemos mesmo dizer que na sociedade de informação a Matemática passou a desempenhar um novo papel social, sendo cada vez mais extensivamente usada em todas esferas da actividade humana, nomeadamente nas áreas da gestão política e económica.

Existe uma íntima ligação entre o computador e a Matemática que se põe tanto ao nível das questões da estrutura e dos conceitos básicos como ao das questões ligadas às aplicações baseadas nos mais diversos modelos. Em termos de ensino, as primeiras encontram-se em fase de consolidação no ensino universitário, mas a sua natureza extremamente abstracta sugere que só de forma indirecta virão a afectar os níveis de ensino mais elementares. As questões ligadas às suas aplicações assumem no entanto já plena actualidade. Não se trata apenas de tirar partido dos computadores. Trata-se igualmente de compreendê-los e dominá-los de forma a impedir que eles sejam usados para nos manipular e controlar.

A Matemática Escolar

A questão de ligação da Matemática com a realidade ganha assim importância fundamental. A Matemática escolar não poderá mais ser vista como uma disciplina neutra, fechada sobre si própria. Tem de assumir, ela própria, a responsabilidade pela forma como é utilizada, assumindo plenamente a sua nova dimensão social.

A Matemática escolar é uma disciplina que tem associada uma antiquíssima tradição de ensino. Essa tradição, desenvolvida em épocas em que a Matemática era chamada a desempenhar um diferente papel social, tem agora de ser revista em aspectos decisivos. Por exemplo, não se pode nos nossos dias conceber uma Matemática escolar baseada no desprezo em relação ao mundo exterior, na criação da psicose do erro nos alunos, e no mito de que a Matemática apenas pode ser compreendida por uma minoria de eleitos.

Os modelos educativos baseados na mecanização de técnicas de cálculo ou no simple lidar com símbolos ignorando completamente o seu significado não correspondem às novas necessidades. E preciso criar uma nova tradição de ensino que, dando lugar às actividades de exploração e à prática de projectos, seja capaz de promover o raciocínio, o espírito crítico, e uma capacidade de utilização efectiva da Matemática nas situações mais diversas.

Mas não é só a Matemática como disciplina escolar que está sujeita a fortes pressões de mudança, é toda a escola como instituição. Sob pena de perder terreno neste processo, a Matemática tem de participar com as outras disciplinas na sua dinamização e transformação.

A Influência do Computador na Escola

Pondo em causa as ideias tradicionais acerca do que é o ensino e a aprendizagem da Matemática, o computador pode constituir um importante ponto de partida para uma reflexão profunda sobre o ensino desta disciplina.

Ao contrário duma imagem ainda prevalecente, a sua utilização na escola não tem que se traduzir necessariamente num "ensino 100% computarizado", em que tudo se baseia no computador, que todos vigia e controla. Pelo contrário, usado como uma ferramenta de trabalho ou como um elemento de apoio à aprendizagem, poderá constituir mais um recurso propiciador de novas experiências e novas actividades, e de que se deita mão quando apropriado, de acordo com as necessidades e interesses do momento, traduzindo-se num ensino mais rico e mais diversificado.

Um dos elementos marcantes que emergem das experiências descritas é a importância da diversificação dos espaços e processos de aprendizagem. Em geral, não há um só método que seja válido para todas as circunstâncias, todos os objectivos e todos os alunos. Os laboratórios de computadores são indispensáveis para certos tipos de aprendizagens. Mas não dispensam a necessidade da existência destes equipamentos nas salas de aula e nos Centros de Recursos. Para cada caso, é necessário que o professor, como profissional competente, encontre a solução mais apropriada, utilizando todos os recursos ao seu dispor.

O computador pode ser inserido nas mais diversas lógicas educativas. Muito em especial interessa usá-lo para facilitar a criação de novas dinâmicas de aprendizagem, alterando o processo de construção do saber e as relações entre os diversos intervenientes do processo educativo, contribuindo para modificar radicalmente o aproveitamento e as atitudes dos alunos.

As experiências realizadas em Portugal suportam a argumentação do National Research Council (1989), quanto à urgência da utilização dos computadores no ensino da Matemática:

(a) a Matemática escolar deve tornar-se mais parecida com a Matemática que as pessoas realmente usam, tanto nas suas profissões como nas aplicações científicas e técnicas, como um assunto no qual correr riscos e enfrentar fracassos é indispensável para se conseguir sucessos;

(b) a dificuldade na manipulação algébrica não precisa de barrar o acesso do aluno a domínios mais avançados da Matemática;

(c) a aprendizagem matemática pode tornar-se mais activa e dinâmica, e por isso mais efectiva, possibilitando aos alunos explorar uma mais vasta quantidade de exemplos, envolver-se em aplicações realistas com dados do mundo real, e prestar atenção aos conceitos importantes e não aos cálculos,

(d) os estudantes podem explorar a Matemática por si mesmos,

colocando e respondendo inúmeras questões do tipo "o que seria se...?";

(e) o tempo investido no estudo da Matemática pode proporcionar intuições e aquisições de longa duração, e não apenas estratégias de cálculo, rapidamente esquecidas.

Novos Objectivos, Novas Tecnologias

A sociedade de informação faz emergir novos objectivos educacionais que implicam novos conhecimentos e novas competências. Tal como em relação à Matemática, o computador terá os seus efeitos nas matérias a ensinar e nas metodologias de trabalho.

Torna-se fundamental tudo o que respeita a lidar com a informação. Em termos de conteúdos, isto traduz-se numa importância acrescida de tópicos como a estatística, a análise quantitativa de dados, e a modelagem. No que respeita a novas metodologias de trabalho, ressalta a importância das actividades investigativas e muito em especial da concepção e gestão de projectos; surgem como fundamentais o trabalho por objectivos definidos a prazo, o trabalho de grupo, a permanente constituição e reformulação de equipas.

Tudo isto arrasta novas formas de avaliação de resultados, valorizando novos objectivos, utilizando novos instrumentos, adoptando novos critérios, e exigindo um perfil diferente para o professor, chamado a assumir novos e muito mais complexos papéis.

A realização de projectos, a todos os níveis, começa a ser um dos aspectos que mais caracterizam as novas práticas educativas. Através deles, tanto os professores como os alunos são encorajados a escolher o tema a estudar, a recolher informação relativa a esse tema, a organizar a informação obtida, a sintetizá-la e apresentar o produto do seu trabalho aos colegas, levando a crítica à colocação de novas questões e ao desejo de aprofundar o trabalho.

Da Estabilidade à Mudança Permanente

Estamos ainda no princípio da era das novas tecnologias. Estão para aparecer máquinas muito mais poderosas, mais e melhor software, novos sistemas e novas aplicações.

Uma das grandes dificuldades em se pensar sobre o papel (ou os papéis) do computador no ensino é que as suas possibilidades não param de evoluir. O que se faz hoje torna-se obsoleto amanhã. Novos produtos estão sempre em desenvolvimento. Poderá ser difícil e penosa a adaptação a este processo, mas não há alternativa.

Existem zonas do currículo actual em que a integração do computador é perfeitamente fácil e natural: a folha de cálculo para o estudo das proporções, sucessões, funções; os traçadores de gráficos e as calculadoras gráficas nas funções; a linguagem LOGO na geometria e em certos temas de aritmética e álgebra; os programas de gráficos na introdução à estatística.

Entretanto o currículo terá que mudar. Em muitos casos, os tópicos permanecerão mas serão abordados numa nova perspectiva. Noutros casos introduzir-se-ão novos temas, sacrificando, é claro, assuntos mais envelhecidos. A mudança far-se-á por um processo de renovações sucessivas. O currículo de Matemática esteve estável durante muitos anos. Entramos agora numa nova fase de mudança permanente.

As experiências realizadas ao longo destes anos mostram que os eixos de mudança fundamentais envolvem o papel dos alunos e a vivência profissional dos professores. O envolvimento activo dos

alunos no processo de aprendizagem, devidamente articulado com momentos de reflexão, permite desenvolver os objectivos curriculares tradicionais e ir mais longe na consecução de novos objectivos. A constituição de equipas de professores, desenvolvendo os seus projectos gera sinergias muitas vezes insuspeitadas.

A escola, sem perder a sua identidade fundamental, como espaço de crescimento e de afirmação caracterizado por objectivos e métodos que lhe são próprios, terá de encontrar muita da sua vitalidade na ligação à comunidade. E a Matemática, se souber tirar partido dos factores de inovação que lhe são mais naturais, como as Novas Tecnologias de Informação, pode muito bem ser um dos pivots deste processo de transformação.

Bibliografia

- Ball, D., Higgs, J., Oldknow, A., Straker, A. & Wood, J. (1987). Will mathematics count?. Hatfield:AUCBE.
- Davis, M. (1978). What is a computation? In L. A. Steen (Ed.), Mathematics today. New York: Springer.
- Matos, J.F. (1987). A natureza do ambiente de aprendizagem criado com a utilização da Linguagem Logo no ensino primário e as suas implicações na construção do conceito de variável. Lisboa: Projecto MINERVA, DEFCUL.
- Moreira, M.L. (1989). A folha de cálculo na educação matemática. Lisboa:Projecto MINERVA, DEFCUL.
- National Research Council (1989). Everybody counts. Washington: National Academy Press.
- Neves, M.A. (1988). O computador na recuperação em geometria de alunos de 9º ano. Lisboa: Projecto MINERVA, DEFCUL.CUL.
- Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers and powerful ideas. New York: Basic Books.
- Pavelle, R., Rothstein, M. & Fitch, J. (1981). Computer algebra. Scientific American, Vol. 245, N° 6, p. 102-113.
- Ponte, J. (1986). O computador: Um instrumento da educação. Lisboa: texto.
- Ponte, J. (1989). O computador como ferramenta: Uma aposta bem sucedida? Inovação, Vol. 2, N° 1, 41-48.
- Tomé, G. e Carreira, S. (1989). Quod novis. Lisboa: Projecto MINERVA, DEFCUL.
- Trigueiros, A.P. (1989). Tenta Logo, que descubres.... Lisboa: Projecto MINERVA, DEFCUL.