

## **O ENSINO DA MATEMÁTICA NA UNIVERSIDADE EM PORTUGAL**

### **E ASSUNTOS RELACIONADOS**

Caparide, 6 e 7 de Fevereiro de 1999

### **CENTRO INTERNACIONAL DE MATEMÁTICA**

*Por iniciativa do Centro Internacional de Matemática, realizou-se em Caparide, nos dias 6 e 7 de Fevereiro de 1999, um debate sobre “O ensino da Matemática na universidade em Portugal e assuntos relacionados”, de cuja organização fomos encarregados pelo CIM.*

*Neste volume reúnem-se os textos da maioria das intervenções iniciais dos oradores convidados para apresentar os diversos temas. O debate foi gravado, e os oradores reviram as transcrições das suas intervenções. Em alguns casos, trata-se de textos que foram lidos no debate. Não se publicam as intervenções dos oradores que não reviram os respectivos textos.*

*O debate teve o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, do Centro de Matemática e Aplicações Fundamentais e do Centro de Matemática da Universidade de Coimbra, a quem deixamos o nosso agradecimento. Agradecemos também a todos os oradores e participantes, e ainda à Prof. Maria Manuel Clementino pelo seu auxílio na preparação deste volume e à Dra. Rute Andrade pelo trabalho de organização das actas.*

Luís Trabucho  
João Filipe Queiró

## ÍNDICE

<b>O ensino da Matemática para a formação de professores</b>	
<i>Bártolo Paiva Campos</i>	1
<i>Armando Machado</i>	7
<i>Augusto Franco de Oliveira</i>	12
<i>António Guedes de Oliveira</i>	16
<i>Eduardo Marques de Sá</i>	22
<b>O ensino da Matemática para as aplicações</b>	
<i>Miguel Beleza</i>	31
<i>João José Pedroso de Lima</i>	38
<i>Eduardo Arantes e Oliveira</i>	45
<b>O ensino da Matemática para os cursos de ciências e engenharia</b>	
<i>Rui Loja Fernandes</i>	51
<i>João Teixeira de Freitas</i>	59
<i>Luís Sanchez</i>	67
<i>Carlos Mota Soares</i>	71
<i>Joana Ehrhardt Soares</i>	74
<i>Luís Nunes Vicente</i>	80
<b>A repercussão dos meios tecnológicos no ensino da Matemática</b>	
<i>Yolanda Lima</i>	85
<i>Paulo Lourenço</i>	93
<i>Susana Metello de Nápoles</i>	99
<i>Vítor Neves</i>	106
<i>Jaime Carvalho e Silva</i>	110
<b>A organização da comunidade matemática em Portugal</b>	
<i>Fernando Dias Agudo</i>	117
<i>Carlos Braumann</i>	121
<i>Graciano de Oliveira</i>	128
<i>José António Dias da Silva</i>	135
<b>A organização interna das universidades</b>	
<i>Vital Moreira</i>	141
<i>Luís Sousa Lobo</i>	149
<i>António Vigário</i>	158
<b>Programa do debate</b>	163



# O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

*Bártola Paiva Campos*

*(Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação - Universidade do Porto)*

## **Formação de Professores para o Ensino de uma Disciplina**

Saúdo todos os presentes e agradeço à organização o convite para participar neste colóquio. Felicito-a pela ideia de nele congregar uma multiplicidade de facetas relativamente ao ensino da Matemática em Portugal.

Este primeiro painel do colóquio é dedicado ao ensino da matemática para a formação de professores. Se não tivesse sido convidado para falar da formação de professores em geral, não teria sido possível aceitar, como podem compreender.

Escolhi quatro aspectos que desafiam a formação de professores de uma qualquer disciplina. Há mais, mas fiquei-me por estes.

### **1. Disciplina de uma especialização *versus* disciplina de um projecto de educação**

Ensinar e aprender uma disciplina tem um sentido diferente no ensino superior ou na educação básica e no ensino secundário.

Simplificando, diria que no primeiro caso se trata de formar um *especialista naquele ramo do saber* (paradigmas e teorias; métodos de produção do saber; saber já produzido; história dos métodos e dos saberes). Uma disciplina académica é, por natureza, um recuo, um distanciamento face à realidade ou face a outros conhecimentos. Uma coisa é ser capaz de ler um romance e aprender a gostar de ler, outra é conhecer teorias sobre a construção do romance e efectuar uma análise de um dado romance à luz das mesmas.

Quando se trata de ensinar uma disciplina nos ensinos básico e secundário é preciso responder a algumas questões prévias: porquê? para quê? o quê? para quem? Talvez isto tenha consequências para a aprendizagem dessa disciplina por parte de quem a vai ensinar. Uma crítica que se ouve muitas vezes é que os professores ensinam uma disciplina no básico e secundário com a mesma lógica com que essa disciplina é/foi ensinada no superior. Ficaram famosas as aulas de linguística nos 5º e 6º anos de escolaridade, quando os alunos precisavam de aprender a compreender e a escrever textos, por exemplo.

Ou seja, uma disciplina dos ensinos básico e secundário é uma parte integrante (não independente) de todo um currículo de educação, cujos objectivos é preciso ter presente. Designá-la por disciplina pode ter ajudado à dificuldade em distinguir *disciplina académica* de *disciplina de educação escolar*. Melhor seria considerar esta última uma unidade do currículo educativo do ensino não superior.

A questão que estou a abordar não tem só a ver, nem principalmente, com a da adaptação da aprendizagem de uma disciplina do saber a idades mais jovens. Não é só uma questão de *como*, tendo em conta a psicologia do desenvolvimento. É uma questão de porquê/para quê que tem consequência no *quê* e no *como*.

O ensino de uma disciplina (Matemática, por exemplo) para a formação de professores não pode omitir a consideração destas questões. E se, relativamente a elas, pode ter alguma legitimidade haver alguma definição política, estas questões são para resolver essencialmente pelos professores, e no dia a dia.

Uma disciplina não existe nos ensinos básico e secundário porque existe uma licenciatura naquele domínio no ensino superior e é preciso criar oportunidade de emprego para os respectivos licenciados. As disciplinas do básico e secundário são para a educação dos alunos destes níveis de ensino.

Existe, por vezes, a impressão de que aquilo que a sociedade espera da educação das crianças e jovens já não se compadece com a organização da aprendizagem escolar à volta das disciplinas do saber. Emergem hoje as definições de perfis terminais e de competências transversais esperados no final de um ciclo educativo, contando-se que cada disciplina contribua, à sua maneira, para a prossecução desse perfil. É uma tentativa de manter a organização disciplinar e de procurar obter resultados que parecem necessários e não estariam a ser conseguidos.

O professor de uma disciplina não é apenas um especialista dessa disciplina (um matemático por exemplo), é também um professor. Um médico não é apenas um biólogo ou um químico. O ensino da matemática, para se ser professor de matemática, terá de ter isso em conta. E é um problema para os especialistas dessa disciplina. Não é algo que qualquer pedagogo generalista possa acrescentar de fora. Não quer dizer que o diálogo com este não possa ser útil.

## **2. Sucesso para alguns sucesso para todos/para um maior número**

Até uma certa época, ensinar era transmitir aos alunos algo do que se tinha aprendido. O professor cumpria assim a sua tarefa; aos alunos competia realizar a sua: aprender. Este enquadramento era julgado satisfatório: havia sempre uma percentagem que aprendia, de entre uma população cada vez mais seleccionada.

Mas, a partir de certo momento, emergiu a expectativa e a pressão social para que houvesse mais alunos que aprendessem mais, que fossem mais longe no seu itinerário escolar. Algumas das razões aduzidas são: a educação é um direito de todos e não só de alguns; o desenvolvimento económico e o exercício da cidadania exigem hoje que a maioria da população atinja um nível mais elevado de escolaridade. Lembremo-nos das referências constantes ao baixo nível da qualificação escolar como factor decisivo nas dificuldades de competitividade da nossa economia, ou de participação cívica da população portuguesa.

O aumento do número de alunos nos 2º e 3º ciclo do ensino básico e no secundário tem como consequência que esta população seja mais heterogénea. Já não é só aquela que aprende quando ensinar é transmitir o que o professor sabe; agora há outros que não aprendem deste modo.

Mas a actual heterogeneidade dos alunos não resulta apenas do ensino de massas. Resulta ainda, nomeadamente, da fragilização das instâncias tradicionais de socialização (família, igreja), da emergência de novas instâncias (televisão), do aumento da multi-culturalidade das populações de um território bem como da urbanização e da suburbanização.

Para o sucesso real (não administrativo) desta heterogeneidade de alunos, já não basta ensinar uma disciplina como se fazia antes: transmitir aquilo que se aprendeu. Agora,

é preciso criar situações diferenciadas, susceptíveis de proporcionar a aprendizagem aos diversos alunos. Este aspecto não pode deixar de desafiar a aprendizagem de uma disciplina para se ser professor da mesma.

Mais uma vez este desafio não se resolve, na formação de professores, *acrescentando aditivamente* à aprendizagem da disciplina a aprendizagem de métodos de ensino: penso que é, antes de mais, uma questão a resolver no interior da própria disciplina. A heterogeneidade dos alunos requer um maior domínio da disciplina por parte dos futuros professores e uma maior exigência para quem é responsável pela sua formação.

### **3. Novos resultados esperados da aprendizagem**

Um terceiro aspecto que gostaria de referir tem a ver com o facto de cada vez se esperar mais da escola; não só o sucesso para mais alunos, como ainda este sucesso relativamente a novas aprendizagens. O que constitui um novo desafio ao ensino de cada uma das disciplinas, nomeadamente no que se refere ao seu contributo para estas novas aprendizagens.

O primeiro grupo das novas aprendizagens tem a ver com o contributo da escola para todo um conjunto de problemas com que a sociedade se confronta: poluição (educação ambiental); sinistralidade rodoviária (educação para a segurança rodoviária); consumismo (educação do consumidor); gravidez precoce e aborto (educação sexual e para a saúde); violência, conflito (educação intercultural e cívica), etc., etc..

Tradicionalmente, a educação escolar, organizada à volta de disciplinas, não aborda, ou não aborda de modo integrado, esta diversidade de problemas da vida. Além disso, a *educação para agir* relativamente a todas estas questões não se pode resumir à aquisição de conhecimentos.

O desafio é este: ou se diminui o tempo dedicado às disciplinas tradicionais e se inserem outros tempos ou unidades de aprendizagem, ou as disciplinas actuais prestam atenção a estas novas aprendizagens. Pessoalmente, parece-me que, pelo menos, uma boa parte destas aprendizagens não se pode fazer sem recurso às disciplinas; no entanto, novos desafios são abertos ao seu ensino:

- não poderão permanecer desintegradas nem se limitar à transmissão de conteúdos;

- torna-se necessário criar situações de aprendizagem centradas em problemas e que recorram a várias disciplinas.

A menos que a escola não assuma esta missão. O que seria um rude golpe na ideia que se propaga, de que a escola é para educar, para formar para a vida.

Tanto mais que algumas das capacidades, cuja aquisição se torna necessária no âmbito das educações referidas, coincidem com as que são consideradas necessárias pelo novo tipo de desempenho profissional que vai emergindo. Trata-se de capacidades:

- de relacionamento interpessoal e de trabalho em grupo;
- de comunicação (em diversos suportes);
- de empreendimento;
- de pensamento crítico, flexível e criativo;
- de resolução de problemas;
- de procura, análise, sistematização de informação;
- de saber julgar, saber agir, saber conviver;
- de aprender a aprender.

São competências de complexidade superior às tradicionalmente esperadas; são as novas inteligências: moral, emocional, social ... Estão ligadas às transformações em curso no mundo do trabalho e na vida social, relacionadas com a dita sociedade do conhecimento e com a complexificação da vida em sociedade. Estas novas aprendizagens exigem uma atenção mais acentuada à aprendizagem de processos em vez de/além de/ou através de aprendizagens de *conteúdos*. E parece óbvio que desafiam a criatividade de quem tem de ensinar uma disciplina para dela se ser professor na educação básica e no ensino secundário.

#### **4. Autonomia profissional: responsabilidade pelos resultados**

Alguns dos aspectos atrás referidos fazem com que o ensino de uma disciplina seja cada vez menos tarefa de um funcionário (que se guia por orientações da administração) ou de um técnico (que aplica boas práticas pré-formatadas) e cada vez mais de um profissional (que analisa as especificidades de cada situação e constrói a prática que se lhe adequa).

A progressiva expectativa de que o professor passe de funcionário a profissional vai a par com a sua *responsabilização pelos resultados* socialmente esperados da aprendizagem. No primeiro caso, era mais responsável pelo *cumprimento* das orientações ou pela aplicação de modelos. Obviamente que esta responsabilização pelos resultados é atribuída, antes de mais, à escola no seu conjunto.

A expectativa de maior autonomia do professor e da escola é, sobretudo, resultado da constatação de que a complexidade da situação da aprendizagem não se compraz com soluções estandardizadas e centralizadas.

Além de salientar que a necessária profissionalidade subjacente à diminuição das orientações externas é mais exigente em termos de formação, quer inicial, quer ao longo da vida, queria ainda acentuar que a inevitável autonomia das escolas obrigará a passar mais nitidamente para um outro modelo de escola. Do modelo de escola edifício, onde são proporcionados aos professores espaços e tempos para cada um actuar *individualmente* com um grupo de alunos, para outro modelo em que será necessário que os professores realizem muitas actividades *em conjunto*, no quadro da gestão pedagógica das actividades educativas da escola.

No primeiro modelo, a ausência de resultados da escola é atribuída à falta de meios. No segundo o enfoque é colocado na organização colegial do processo de ensino, cuja qualidade é mais difícil de garantir do que a disponibilização de meios. Neste segundo modelo de escola, a formação do professor para ensinar uma disciplina defronta-se também, com certeza, com novos problemas.

## **5. Conclusão**

Não tenho soluções para os aspectos que assinalei. Parecem-me desafios que se colocam ao ensino de uma disciplina (da matemática, por exemplo) para formação de professores. Se forem julgadas pertinentes, poderão merecer a atenção de quem se dedica a esse ensino.

# O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

*Armando Machado*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Lisboa)*

Sinto sempre uma certa incomodidade com actividades como a que nos é proposta. Por um lado, não gosto de dizer generalidades; por outro, não tenho dedicado aos temas que vamos examinar o tempo necessário para fazer análises exaustivas e fundamentadas.

As limitações atrás expostas são mitigadas pelo facto de me encontrar na companhia de outros colegas que muito prezo e que sobre estes assuntos têm muito a dizer.

O assunto que aqui nos traz é “O ensino da Matemática para a formação dos professores”.

Na formação dos professores de Matemática, tal como ela é feita nas nossas universidades, há coisas que vão bem e coisas que o vão menos. Parece mais apropriado e enriquecedor debruçarmo-nos mais sobre o que funciona menos bem, não deixando, no entanto, de apontar o que há de errado e perigoso em certas “falsas soluções” que, com frequência, são propostas.

Nas universidades não tem sido possível, nem tem sido considerado desejável, separar totalmente, desde o início, as licenciaturas em Matemática, com vocação aplicada ou fundamental, das licenciaturas em Matemática para o ensino, especialmente vocacionadas para a formação de professores dos ensinos básico e secundário. Não tem sido possível por razões ligadas à limitação do corpo docente e não tem sido considerado desejável por se pensar ser importante facilitar movimentos entre as duas carreiras, permitindo emendar, sem custos desnecessários, opções extemporâneas.

Há acusações que se fazem, e que não são porventura totalmente infundadas, de que os professores, nessa parte comum, têm a tendência natural, até pela opção que tiveram

ocasião de efectuar quando eram estudantes, para privilegiar, na organização dos programas e na prática lectiva, a formação de cientistas em detrimento da de professores.

O exagero oposto, tanto ou mais pernicioso, consiste em organizar cursos de formação de professores que se limitem, do ponto de vista científico, a abordar, de modo porventura um pouco mais desenvolvido, aquilo que os estudantes são supostos vir a ensinar quando forem professores. O professor não pode limitar-se a conhecer aquilo que ensina; tem que ter uma visão estratégica do que está para além disso, que lhe permita avaliar a importância relativa dos assuntos, responder a questões que lhe sejam colocadas, despertar entusiasmo nos seus alunos, adaptar-se a mudanças de programa. Assuntos aparentemente tão afastados da futura prática lectiva do candidato a professor como as Equações Diferenciais, a Análise Numérica, a Teoria dos Grupos, a Teoria da Medida ou a Geometria Projectiva têm um papel extremamente importante na formação cultural daquele, contribuindo para uma prática lectiva mais motivada e esclarecida. Não quer isto dizer que não existam matérias que escusavam de ser ensinadas no momento em que o são e que não se deva fazer um esforço sério para evitar certos tecnicismos extemporâneos que só farão sentido para especialistas.

Outra questão muito levantada diz respeito ao peso que devem ter a formação pedagógica e formação científica do futuro professor. É uma questão à qual não me é fácil dar respostas quantificadas, estando fora de dúvida que considero que ambos os aspectos têm um papel formativo muito importante. Apesar disso, não deixa de ser para mim muito claro que é mais fácil um professor com uma sólida preparação científica suprir uma eventual falta de formação pedagógica específica do que um professor com profundos conhecimentos de pedagogia suprir uma deficiente formação científica. É com arrepios que já tenho ouvido exprimir a opinião de que não é grave ensinarem-se coisas incorrectas, desde que com isso se esteja a despertar o interesse dos estudantes.

Um problema de grande actualidade que, apesar de não ser específico dos cursos de formação de professores, é importante referir, diz respeito às elevadas taxas de insucesso, especialmente nos dois primeiros anos. É um problema que a todos preocupa e que é urgente tentarmos mitigar com esforço e imaginação. É claro que está fora de questão a “solução” encontrada noutros graus de ensino e que consiste em conceder aprovação mesmo a quem não sabe, melhorando assim as estatísticas. O papel que os futuros professores vão ter na educação das próximas gerações é demasiado importante para que

possamos conceder o grau de licenciado a quem não esteja em condições de garantir um ensino de qualidade. Com esforço e imaginação há que continuar a procurar formas de compatibilizar a má formação da maioria dos estudantes que nos chegam com as matérias que é necessário que eles apreendam, há que distinguir o essencial do acessório e há que saber convencer o estudante de que o essencial está ao seu alcance, uma vez que ninguém vai trabalhar arduamente se não acreditar que o seu trabalho vai dar frutos. Acima de tudo é preciso muito bom senso: O estudante deve ser puxado para a frente, mas não tanto que se parta a corda e ele acabe por ficar para trás (o que não quer dizer que não haja pessoas que estão no curso errado e que terão mesmo que ficar para trás). O professor também esquece, por vezes, o caminho que já percorreu para chegar ao modo como domina actualmente os conceitos e os algoritmos e quer impor ao aluno a mesma sofisticação e a mesma facilidade de compreender coisas delicadas.

Outro dos pontos que, a meu ver, é muito importante na formação do professor é o da “cultura do rigor”. É fundamental que um professor de Matemática seja capaz de definir com precisão os conceitos com que trabalha, saiba distinguir um argumento correcto de um defeituoso e seja capaz de expor com rigor e clareza uma ideia. Ao contrário do que acontece com outras disciplinas é difícil imaginar uma discordância entre matemáticos sobre se um argumento é correcto ou incorrecto; há normas quase universalmente aceites que permitem distinguir o válido do falacioso, a definição da “vaga ideia”. E não se venha com a falsa ideia de que o rigor mata a intuição e o processo criativo e com a confusão entre rigor e formalismo estéril. A intuição e a ideia vaga têm um papel muito importante no processo de descoberta e de criação e é importante que o estudante seja estimulado na prática desse processo e na formulação de conjecturas, mas ele deve ser habituado a considerar que se trata de processos transitórios a serem posteriormente confirmados ou infirmados (não há lugar permanente em Matemática para asserções que se baseiam apenas na intuição e que não são corroboradas por justificações rigorosas nem para conceitos que não sejam susceptíveis de explicação clara). Para além disso, a intuição e as ideias vagas só são em geral férteis quando apoiadas por ideias correctas e claras anteriores, não se podendo prosseguir demasiado tempo com coisas “sabidas mais ou menos”. E não deixa de ser irónico que uma das áreas normalmente identificadas como de “Matemática Aplicada”, a prática da programação em linguagens de computador, seja um dos pontos em que mais se faz sentir a necessidade de ideias claras e de rigor e minúcia: Não é possível construir

um programa de computador explicando “mais ou menos” o que pretendemos que seja feito... Ainda a propósito desta “cultura do rigor”, é talvez oportuno referir a utilização de frases do tipo “vê-se facilmente que...” ou “é geometricamente intuitivo que...” em situações em que não se quer perder tempo em referir uma explicação ou em que esta não está ao alcance da compreensão do estudante. A utilização de frases deste tipo nestas situações é, a meu ver, extremamente negativa para a formação do estudante, sendo preferível, no último caso, ser dada a informação sobre o resultado, acompanhada de uma referência explícita à dificuldade da questão.

A resolução de problemas é outra das actividades que deveria talvez merecer maior atenção durante o processo de formação de professores, possivelmente fora do quadro das disciplinas tradicionais. Os problemas distinguem-se dos exercícios por envolverem questões para as quais não é, à partida, claro quais os instrumentos que podem contribuir para a sua resolução; eles estimulam o espírito de descoberta e a capacidade de reconhecer a aplicabilidade dos resultados abstractos estudados, capacidade que é aliás inerente à possibilidade de aplicar a matemática a outras ciências ou em situações da vida de todos os dias. Uma experiência interessante nesta direcção, de que tive ocasião de tomar conhecimento e sobre cujos resultados gostaria de ter mais informações, foi feita na Universidade do Porto pela Prof.<sup>a</sup> Maria de Fátima Carvalho com estudantes do último ano da licenciatura do ramo educacional. Também nesta área há exageros a evitar, não se devendo identificar, como alguns parecem fazer, a resolução de problemas como sendo a actividade central do ensino: A Matemática é um saber organizado e não uma soma de observações avulsas; a profundidade e a fecundidade da Matemática está na capacidade de saber generalizar e de passar do concreto para o abstracto, de modo a poder aplicar os mesmos métodos em situações diferentes.

Gostaria, para terminar, de fazer referência a alguns mitos que circulam em certos meios e que, a serem levados a sério, poderiam prejudicar gravemente a cultura matemática das futuras gerações. Para alguns, deve-se privilegiar a formação, em detrimento da informação, para outros deve-se ensinar apenas o que é intuitivo e tem utilidade imediata, banindo tudo o que possa parecer repetitivo ou ter como objectivo a criação de automatismos, para outros ainda é o prazer do aluno que nos deve orientar sobre o que ensinar, sendo de evitar tudo o que exija esforço. Nunca é de mais insistir que, em Matemática, não é possível dar formação sem informação nem ensinar uma pessoa a

pensar correctamente sem assunto relevante sobre que pensar e que, do mesmo modo, não há intuição que não seja precedida de treino, por vezes repetitivo, e de um esforço de compreensão que, em muitos casos, exige qualidades de perseverança. É verdade que, para ensinar, é necessário conquistar a adesão do estudante, convencê-lo da utilidade do que está a estudar e propor caminhos tão simples quanto possível para atingir os objectivos; nenhum estudante compreenderia decerto que se procurassem caminhos mais difíceis ou desagradáveis com um pretenso sentido pedagógico de educação para o esforço. No entanto, há casos em que o esforço é necessário e então não é correcto fugirmos a ele e pensarmos noutra coisa. Nem tudo no ensino podem ser aulas de motivação ou conferências de divulgação; é necessário alternar essas actividades com cursos organizados onde se ensina, de modo sistemático, a trabalhar com os instrumentos matemáticos.

# O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

*A.J. Franco de Oliveira*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Évora)*

## 1. Natureza vs. pedagogia da Matemática

Desenganem-se aqueles que pensam que os matemáticos alguma vez abdicaram ou vão abdicar da sua concepção das matemáticas e do processo como essa concepção é adquirida — paciente e persistentemente, degrau a degrau, estudando e pensando, com papel e lápis, nos conceitos, nas aplicações, nas técnicas e demonstrações. “Não existe estrada real para a matemática<sup>1</sup>” é tão verdade há dois mil e quinhentos anos atrás como o é hoje ou o será amanhã. Os conteúdos podem mudar, mas a essência dessa concepção permanece e permanecerá. A natureza da matemática não mudou e não é previsível que venha a mudar.

O problema é como comunicar essa concepção e fazê-lo de maneira eficiente, criativa e apelativa às novas gerações. Esta é uma preocupação relativamente recente, mas são muito variáveis as sensibilidades dos matemáticos a esse respeito. A filosofia predominante parece ser ou ter sido: venham até nós, pacientes e dispostos a grandes esforços, que nós ensinamos como é, como se faz, como se ensina e como se aprende.

A massificação do ensino nos anos 60 e 70, a moda das licenciaturas em Matemática para Ensino e a criação e grande desenvolvimento dos departamentos educacionais apenas contribuíram para despertar desconfianças nos matemáticos, colocá-los na defensiva e desacreditar aquela bondade ingénua de quem, durante milénios, nunca

---

<sup>1</sup> Para sermos fieis à verdade histórica, aqui devia estar “geometria” em vez de “matemática”.

viu contestada a sua autoridade, tanto científica como pedagógica. Mas não existe nenhuma razão válida para que os matemáticos e os especialistas em educação continuem de costas voltadas uns para os outros, como se os dois mundos não comunicassem senão por missivas mais ou menos agressivas e desesperadas (com exceções, claro).

Não interessa atribuir culpas, mas interessa reconhecer alguns erros e incompreensões mútuas no atribulado percurso do ensino da matemática nos últimos anos, particularmente no que respeita à formação de professores, e corrigi-los.

## 2. Alguns erros e incompreensões mútuas

Importa reconhecer:

- que as licenciaturas de ensino não nasceram da melhor maneira e tardaram muito (tardam ainda) em se adaptar a recomendações internacionais sobre conteúdos e diversificação conforme os graus de ensino (ciclos)<sup>1</sup>, nomeadamente, em componentes de didáctica/matemática elementar;
- que é notória a escassez de manuais escolares escritos por professores universitários, em absoluto contraste com a prática usual até aos anos 60;
- que é notória a insuficiência dos cursos de pós-graduação, mestrados e de reciclagem ou de formação contínua para professores do ensino pré-universitário (um grande problema é que largos milhares destes professores não possui habilitação científica suficiente, e não são as modernas técnicas didácticas que vão colmatar essa falta);
- que os professores universitários de matemática não têm sido avaliados (por exemplo, em concursos públicos de provimento) devidamente ou equilibradamente no que diz respeito ao seu desempenho pedagógico;
- que os colegas dos departamentos de educação adquiriram efectivamente saberes especializados e consolidados sobre métodos e instrumentos didácticos na sala de aula, sobre a caracterização psicológica, social, cultural e motivacional das atitudes dos alunos (e da sociedade em geral) para com a matemática e como ultrapassar atrasos na formação e dificuldades na aprendizagem;

---

<sup>1</sup> Por exemplo: J. R. C. Leitzel (editor), *A Call for Change: Recommendations For The Mathematical Preparation of Teachers of Mathematics*, MAA, Committee On the Mathematical Education of Teachers, 1991.

- que tais saberes são efectivamente úteis aos professores universitários mas nem sempre são fáceis de compreender, adquirir e menos ainda incorporar numa prática diária em cursos de formação de professores — nem isso é nem nunca foi, e possivelmente nunca será, uma preocupação dominante para a maioria dos professores universitários de matemática; mas é sabido que a lógica da argumentação comum, da indução e descoberta, da comunicação e aprendizagem não é a lógica dedutiva das provas matemáticas;
- mas também que, apesar de todos os progressos das ciências didácticas, o elemento didáctico com maior peso na formação dos futuros professores é o exemplo (de muito bom a péssimo) que lhes é dado nas aulas de matemática do seu curso de formação.

### 3. Que vamos fazer?

Pelo exposto, os professores universitários têm responsabilidades maiores do que os restantes agentes de ensino na situação presente. Convenhamos que eles têm, em regra, coisas mais importantes em que pensar, como o seu trabalho científico e a sua carreira académica, mas sem eles nada feito. Se nem sempre são bons didactas, não há, todavia, outros que possam ocupar o seu lugar com legitimidade e competência. Como vamos convencer os nossos colegas matemáticos de que têm algo a aprender e a melhorar do ponto de vista didáctico e, assim, serem mais felizes e menos frustrados na ingrata tarefa social do ensino (e assim, indirectamente, melhorando o seu rendimento científico)?

Como vamos convencer os nossos colegas educacionais de que as competências matemáticas adquiridas em muitos anos de estudo devem ser tidas em conta, nomeadamente, quando os colegas matemáticos reagem fortemente contra a diminuição de competência e conhecimentos científicos de base?

Como vamos sensibilizar as autoridades educacionais a retroceder no caminho destrutivo do facilitismo, indisciplina, desorientação e desautorização sistemáticas das competências educativas dos professores, que tem sido o resultado visível das práticas políticas dos últimos anos?

E como vamos convencer uns e outros a dialogar, a bem da função social do ensino e da cultura matemáticas e do combate ao insucesso escolar?

É necessária muita coragem para encetar algumas medidas de fundo, como sejam:

- As universidades terem algo a dizer na selecção dos candidatos admitidos e nos critérios de permanência nos cursos daquelas dezenas ou centenas de estudantes que chumbam cadeiras e anos a fio simplesmente porque não estudam;
- A formação de mais equipas mistas (de pequena dimensão) de docentes, matemáticos e educacionais, debruçando-se sobre o ensino de disciplinas específicas, e elaborando textos adequados;
- O acompanhamento e controlo, por uns e outros, das experiências pedagógicas na sala de aula, avaliando as razões das dificuldades na aprendizagem nos diferentes níveis etários;
- Uma aposta mais firme e consistente na formação contínua e pós-graduada dos agentes de ensino;
- Um repensar, também por equipas mistas, dos planos de estudo e conteúdos curriculares das licenciaturas de ensino.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Talvez acabando com a divisão das licenciaturas em Matemática para Ensino em duas partes (uma científica e outra educacional), antes concebendo uma Licenciatura em Matemática para Ensino de 4 anos, sendo o último mais virado para a História da Matemática e as Matemáticas Elementares, leccionada por professores de Matemática, seguida de um curso educacional com ou sem estágio integrado.

## O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

*António Guedes de Oliveira*

*(Departamento de Matemática - Universidade do Porto)*

Em primeiro lugar, quero agradecer o convite para falar aqui. Como puderam perceber logo no início, pelas apresentações, não tenho grande autoridade neste assunto, particularmente em comparação com os outros membros desta mesa. Ele preocupa-me, preocupa-nos a todos, evidentemente, mas mesmo a minha esporádica experiência como coordenador de um mestrado, aqui referida, aconteceu um pouco por acaso ou acidente. De maneira que vou cingir-me essencialmente a um pormenor, em geral um ponto de partida nas discussões acerca deste tema - e que conduz a algumas questões, para as quais penso que as pessoas têm uma resposta mais ou menos automática que gostaria de ser repensada.

Tem a ver com isto: Quando nós, professores de Matemática, matemáticos, ou professores de professores de Matemática, pensamos, por exemplo, nas qualidades de um professor de Matemática, acho que mais ou menos todos nós concordamos em qualquer coisa deste tipo: Deve ter alguma generosidade, para entender as dificuldades dos alunos, alguma avareza, para as resolver, alguma sabedoria, bastante sabedoria, para perceber que tipo de coisas é que vai explicar e que tipo de coisas é que o aluno tem que entender, e, finalmente, digamos, alguma loucura, para suscitar essas dúvidas, esses problemas. Vemo-nos, portanto, no papel do mentor e ao aluno no do discípulo; cabe-nos guiá-lo (a uma certa distância) por um caminho, o nosso, que cremos ser o dele. Mas a realidade é bem outra, porque temos desse caminho visões bem diferentes.

A nossa é a visão clássica, a visão do matemático, da pessoa que vê a ciência que faz como a procura da ordem natural da relação das coisas, que vê a Matemática como um

edifício sólido, mas cuja solidez reside, digamos, na precisão da construção, porque os materiais são frágeis. Não é a visão dos nossos alunos: Para os nossos alunos, principalmente quando entram na universidade, a Matemática é basicamente um repositório de propriedades, muito antigas (não há que duvidar delas) com as quais se resolvem problemas, se se for hábil, que outras pessoas, mais habilmente, perceberam que se podiam resolver com elas. Esta visão é muito quantificada, não tem nada a ver com o rigor que aqui foi sugerido. Na verdade, não tiveram nenhum contacto com ele: não há, no ensino da Matemática no Ensino Secundário, definições, a não ser implícitas; as afirmações são feitas de modo vago; não só não há provas, como não há ligações entre as coisas. E é o mesmo aquilo que os alunos muitas vezes pensam que vêm fazer na universidade.

Pois bem, isso resulta da massificação do ensino, como toda a gente sabe. Massificação que surgiu, que é necessária, que toda a gente aceita socialmente (eu também, em primeiro lugar) e que vem do Ensino Secundário, mas que continua para nós. Temos muitos alunos e temos que ter muitos alunos. O Ministério fixou esse número de alunos que temos e fixou-o alto. E temos que os formar. No nosso caso, em particular, até temos bons alunos. Ainda existem lugares para os alunos de Matemática, como professores, e portanto temos alunos perfeitamente capazes, espertos, vivos, mas com este tipo de preparação. Como é que se responde a isto?

Esta massificação, afinal, produziu esta situação, e nós aceitamo-la, como preço de algo que queremos socialmente. Mas, pensando bem, isto é completamente absurdo: A massificação não devia produzir isto! Na verdade, os recordes num dado desporto são imediatamente batidos quando esse desporto é massificado. Quer dizer, a massificação não tem que se traduzir na baixa de qualidade. Em regra, deveria ser ao contrário. Quanto maior é o acesso, melhor, mais garantias temos de ter os melhores alunos, os mais capazes, etc. Mas não é isso que se passa, nem ao nível do liceu nem ao nosso nível, aparentemente.

Que é que se pode fazer? Como se pode aproveitar essa massificação e como é que se pode corrigir os defeitos que ela terá produzido, aquela incultura completa, a incultura matemática que já não está só no que os alunos sabem ou no que os alunos não sabem: está também no que os alunos esperam vir a saber, no que os alunos podem entender do que nós fazemos. Nós fazemos Matemática de uma certa maneira, e esperamos que eles,

olhando para nós, percebam o que estamos a fazer, façam igual e queiram fazer outro tanto. Mas acabamos por pensar que isto é talvez esperar demais.

Quando os nossos alunos, que nunca ouviram falar de provas, definições, etc., chegam a uma primeira aula do primeiro ano e ouvem "definição tal", "teorema tal", "lema tal", provavelmente nem saberão que pensar, tudo é completamente obscuro para eles. Como é que podemos lidar com esta situação e, principalmente, que maneira é que há de a inverter?

Ou seja: a massificação não se coaduna com a forma como em geral ensinamos, de acordo. Mas não me parece sensato vê-la como a causa dos nossos males; pelo contrário, parece-me claro que representa uma oportunidade a que devemos saber responder. Começando, talvez, por rever as respostas às perguntas que as pessoas costumam fazer: Dar menos matéria? Exigir menos? Por onde nivelar os alunos? Bem, foi nestas perguntas muito triviais que eu pensei um pouco. Suponho que o que vou dizer não é consensual, aliás: tive a oportunidade de verificar isto, discutindo com alguns colegas no Porto. Mas aqui surgem as tais respostas que acho que é preciso repensar.

A minha ideia, em síntese: Menos matéria? Não! Mais matéria! O saber não tem um volume constante. As pessoas tendem a pensar que quanto maior for a extensão da matéria dada menor será a profundidade. Estão a admitir, de certo modo, que, digamos, a dureza do material (o saber) é homogénea (não é verdade: ele é mais duro à superfície). Mas admitamos a perda de alguma profundidade. Nesse caso, sendo com menos profundidade, é mais fácil ensinar mais do que ensinar menos. Bem, será mais fácil, mas a questão não é essa, é se devemos fazê-lo. Em certos campos, sim! Isto é uma das coisas em que eu acho que as pessoas pensam pouco. Não é desculpável socialmente que os professores não saibam determinadas coisas. Os professores têm de saber. Têm de saber os termos da geometria, têm de saber os teoremas clássicos da geometria clássica, têm de saber os resultados da análise, têm de saber umas coisas de combinatória. Portanto, os nossos programas têm que ser razoavelmente extensos e se forem extensos é mais fácil aos alunos compreendê-los. Mas vamos fazer o mesmo que no liceu, isto é, aumentar a matéria à custa do rigor? Evidentemente que não, não podemos fazê-lo. Mas há coisas que podemos fazer: Podemos dar cursos sobre coisas mais fáceis, mais acessíveis, menos abstractas, por exemplo, ao nível do currículo. Ou podemos, por exemplo, num determinado teorema da Análise em que a diferenciabilidade facilita imenso a prova, optar

por ela. Porque é que havemos de dar necessariamente aos professores do liceu uma versão completamente geral dos enunciados, com os resultados o mais gerais possível, sob pena de eles nos perderem completamente? Isto é uma opção que sugiro, não é um conselho. Não teria autoridade nenhuma para o dar, evidentemente. Mas é uma das coisas que eu gostaria de discutir.

A questão do conteúdo formativo, a meu ver, pode ser abordada assim: Há que separar as disciplinas cujo conteúdo é mais informativo das disciplinas cujo conteúdo é mais formativo, e há que fazer isso com um certo cuidado; depois, esse carácter deve ser explorado, conforme o caso. Por exemplo, a ideia da necessidade de prova surge naturalmente num pequeno curso de Geometria plana com construções com régua e compasso, por exemplo, dado o carácter simultaneamente "experimental" e "misterioso" dos resultados. A meu ver, há que explorar aqui esta possibilidade, mesmo que, com isso, encurtemos o curriculum da disciplina; se formos apelar à mesma curiosidade quando os conceitos forem muito mais complicados, provavelmente vamos ter mais dificuldade. Parece-me também possível olhar para outras disciplinas, como a Combinatória, mais elementares, e preocupar-nos aí mais com o seu carácter formativo, em prejuízo do informativo. E noutras disciplinas ainda poderemos dar então prioridade à informação, com programas mais longos do que aprofundados.

Exigir menos?! Provavelmente. Como qualquer professor, nós exigimos o que os alunos são capazes de dar, que é sempre um pouco mais do que aquilo que eles querem dar. Naturalmente que se eles nos chegam à mãos desta forma nivelada por baixo nós não poderemos exigir o mesmo em termos de produto final. Exigimos o mesmo esforço, naturalmente.

Finalmente a última questão: Nivelar, por onde? Essa para mim é que é a questão básica: Nivelar por sítio nenhum, nunca nivelar. A nivelação tem sido confundida com a massificação. Não andam ligadas necessariamente uma à outra. Se as pessoas começassem todas a jogar golfe (o que parece pouco provável) os recordes iriam provavelmente ser batidos. Não porque estivéssemos todos a dar as mesmas pancadinhas lado a lado, ao mesmo ritmo, mas sim porque aqueles que iam obtendo melhores resultados iriam sendo cada vez mais estimulados, em parte pelos próprios resultados. Não defendo com isto um ensino elitista, mas defendo um ensino muito aberto. Defendo que as pessoas que têm curiosidade real numa Matemática mais abstracta (menos utilitária) tenham as cadeiras

para a aprender, mas que essas cadeiras não sejam necessariamente obrigatórias. Isto é, não defendo que a Matemática "mais difícil" seja retirada dos programas obrigatórios, não pretendo trivializar as coisas, de maneira nenhuma: Há que perceber exactamente o que é que o aluno deve necessariamente saber e, depois, dar-lhe a possibilidade de saber mais - nunca menos.

Com isto tudo, quatro anos é pouco. É um problema para que, aliás, não se tem olhado muito bem. De um modo geral, os cursos que dão habilitação profissional têm cinco anos, mais estágio: Direito, Engenharia, Arquitectura. Medicina tem mais. Quer dizer, nós queremos em cinco anos incluir também um estágio e a formação profissional. Se calhar, não conseguimos. Há que optar entre favorecer o conteúdo matemático ou o pedagógico. Eu não tenho, mais uma vez, muita autoridade para estar a discutir isso, mas para mim é claro que a parte pedagógica funciona melhor como reflexão, em fase de pós-graduação. É difícil falar no Ensino, mesmo entre nós, profissionais; é muito mais difícil falarmos de ensino com quem nunca teve essa experiência. Na questão da formação contínua/formação inicial, não é por acaso que na chamada formação contínua quase não há acções do tipo científico, pelo menos em Matemática. Em parte, isto acontece porque é difícil convencer pessoas a estudar Matemática, já que é duro. Em particular, depois de um certo número de anos de interrupção, as pessoas não o fazem ou fazem-no, como eu costumo dizer (a frase não é minha), em acções de Matemática mais ou menos *pimba*: algum resultado mais surpreendente, umas imagens, há que entreter os formandos um bocado. Matemática pura e dura é difícil. Conseguimos (às vezes) ensiná-la aos nossos alunos, eles conseguem ensiná-la aos alunos deles, mas depois disso, deixando o formando de ser aluno, é difícil. Como consequência, a formação científica inicial tem que ser segura, porque na formação posterior é unicamente a reflexão sobre o ensino que provavelmente vai poder ser feita. Isto parece-me muito importante.

Quanto à questão da nossa participação nos programas ou outras intervenções no Ensino Secundário, em geral dificilmente as poderemos ter: não me parece que ela seja aceite facilmente, nem me parece que tenhamos maneira de a propor, nós, professores universitários. Claro que o mesmo não se passa com a Sociedade Portuguesa de Matemática, que acho que tem um papel de que não pode abdicar, extraordinariamente importante, nos programas. Estamos aí, como se sabe, bastante bem representados, mas isso é outro assunto. No meu entender, a S.P.M. deve pressionar para participar na

formulação dos programas. Nós, como professores universitários, participaremos na formulação dos nossos.

Já com os manuais a questão é completamente diferente: é uma questão onde podemos e devemos intervir, já que a intervenção se faz a nível individual. E onde dificilmente, se viermos a intervir, não faremos a diferença. Depois, para o bem ou para o mal, se calhar ninguém adoptaria os nossos manuais. Mas que os nossos manuais seriam completamente diferentes, disso não tenho a menor dúvida. É um bocadinho assustador olhar para a maior parte dos actuais manuais do liceu e ver aquela série de proposições que não são proposições, são afirmações, vazias, cujo conteúdo é o exercício que elas supostamente resolvem. Isso, tenho a certeza que mudaria, como era importante que mudasse.

# O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

*Eduardo Marques de Sá*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Coimbra)*

## **Problemas da Formação de Professores de Matemática**

O texto que a seguir apresento é o resultado de reflexões tidas e mantidas, em diversos momentos, sobre o tema proposto, em diversas intervenções das quais a que ocorreu no debate promovido pelo CIM teve a singularidade de me levar à escrita... que se concretizou, também, pelo condão da insistência pós-debate, que agradeço, por parte dos organizadores.

Têm as universidades deixado um pouco ao abandono a discussão de estratégias referentes à formação de professores, em particular na área crítica da matemática. Vamos gerindo, à vista, a formação dos alunos da nossa escola, cada um da sua, tentando melhorá-la, sem grande preocupação pelo que se passa no contexto nacional, mormente no que respeita à inevitável alteração de hábitos ancestrais, ao aparecimento de escolas de outras naturezas, muito diversas das que nos formaram, ao surgimento de novas formas de concorrência que irão romper os equilíbrios a que nos habituámos.

Muitas vezes se diz que o Estado é cego no que respeita ao reconhecimento da qualidade, muita, pouca ou nenhuma, quer dos cidadãos que forma quer dos que emprega como formadores, sendo a origem disso a ausência da preocupação de avaliar os seus agentes quer à entrada dos sistemas de formação, quer no decorrer da sua actividade profissional. Esse desgoverno, aliado e cúmplice da lenta mas visível queda de prestígio e poder de atracção da função docente, teve, ao longo de décadas, um efeito erosivo na qualidade do nosso sistema de ensino, em particular da formação de professores. Trata-se de situação que não pode continuar. Por outro lado, uma intervenção estatal, que está para

breve, no sentido de ‘disciplinar’<sup>1</sup> o sistema estabelecendo níveis mínimos na formação de professores, poderá provocar, em uma ou duas gerações, uma situação irreversível de menoridade cultural do nosso País se, porventura, houver o atrevimento de se estabelecerem níveis mínimos de proficiência das instituições formadoras que se quedem abaixo do que se pratica pela Europa fora. Temo que se prepare pior ainda: que venham a cristalizar-se normas mínimas de desempenho das escolas de formação de professores, de nível ainda mais baixo do que aquele que hoje se pratica nas universidades. Uma intervenção legislativa que incorra nesse pecado e o órgão administrativo que o cometa deverão ser, desde logo e desde já, responsabilizados pela situação extremamente gravosa que irá provocar, não apenas no ensino da matemática, mas no nível cultural do País inteiro, que poderá colocar-nos na dependência de outras ‘regiões’ europeias com melhor inteligência e visão de longo prazo.

O alheamento um tanto letárgico das universidades a respeito destes assuntos não pode continuar. A distração e o acordar tardio vão ter um preço muito elevado. Devem os departamentos de matemática aceitar que a formação de professores não tem sido devidamente tomada em consideração nas suas implicações estratégicas (por exemplo, que o fundamental alargamento e melhoria qualitativa da base de recrutamento de futuros matemáticos profissionais começa na instrução básica). Devem os departamentos tradicionais melhorar a forma como ensinam a ensinar, constituindo mecanismos de observação e controlo da qualidade do que se faz, nos ramos educacionais, na ligação entre a parte pedagógica e a parte científica dos seus cursos.

### **Uma disciplina vulnerável**

A matemática, vista como área do conhecimento e como matéria de ensino, implica e destina-se a desenvolver funções *nobres* do nosso intelecto, por vezes ditas *de alto nível*: as capacidades de reflexão, de raciocínio, de hierarquização, de relação, de argumentação, entre outras, por esta ou outra ordem. Trata-se, por isso, de disciplina muito sensível, de grande vulnerabilidade às mudanças metodológicas e de estratégia didáctica. A “matemática moderna” foi uma experiência ilustrativa dessa hipersensibilidade da matemática. Tratou-se de um movimento gerado nos EUA e em França no início dos anos

---

<sup>1</sup> Pensei em verbos vários - “moralizar”, por exemplo - mas a minha descrença levou-me ao “disciplinar”, com aspas.

60 e adoptado no nosso País no final dessa década; para abreviar, podemos dizer que consistiu na introdução da teoria dos conjuntos como metodologia e matéria de ensino, imposta, de modo retroactivo, desde o ensino secundário até chegar ao primário. Procurou-se, com essa “modernidade”, uma abordagem directa e imediata das ‘competências de alto nível’ já referidas, mediante uma explícita fundamentação lógica dos conceitos matemáticos mais elementares: uma colagem da ‘aritimização’ da matemática - tal como foi concebida no século XIX - ao ensino das camadas mais jovens. A implantação dessa reforma mostrou também, do mesmo passo e por razões diferentes, os efeitos destrutivos de duas características que vão sendo peculiares das nossas ‘experiências pedagógicas’: a sua má condução e a sua não avaliação. No caso da “matemática moderna” isso esteve bem patente na extensão a todo o País de uma experimentação feita sobre ‘turmas-piloto’ constituídas pelos alunos mais capazes de escolas bem escolhidas e na ausência de avaliação quer do que antes existia, quer do estado de coisas após a modernização. O alargamento ao ensino primário foi feito de modo ainda mais inconsequente.<sup>1</sup>

Sofremos ainda hoje a onda de choque dessas alterações profundíssimas que surgiram nos currículos de matemática do secundário ao primário, cujo impacto está, na minha opinião, ainda por avaliar. Manteve-se, nos novos programas da reforma curricular de 1991, uma estratégia de ensino directamente dirigida às ‘competências de alto nível’, com explícito menosprezo pela memorização e por um ensino rico em factos; dá-se o primado às competências formais, aos chamados ‘processos’, esquecendo-se que sem substância o cérebro não encontra matéria sobre a qual exercer as suas capacidades naturais de reflectir, raciocinar, relacionar, etc.<sup>2</sup> Além disso, o desenvolvimento de qualidades de trabalho, esforço e persistência, de que tão bem se fala na Lei de Bases, foi colocado, em 1991, num limbo de sintomática reserva.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Era inexistente a preparação dos professores deste nível de ensino, em matéria de teoria dos conjuntos, conforme mostraram as reciclagens e acções de formação conduzidas por uma equipa de professores da Sociedade Portuguesa de Matemática e do Departamento de Matemática da Universidade de Aveiro, liderada pelo Doutor João David Vieira, iniciadas em 1978 já depois da introdução dessa matéria nos programas oficiais.

<sup>2</sup> Defendo um ensino rico em factos, com participação substancial dos processos de memorização, nos primeiros ciclos de escolaridade. A prática oposta tem custos irrecuperáveis, especialmente para os alunos das classes sociais mais desfavorecidas. Sobre este assunto, leia-se a polémica recente entre H. Gardner e E. Hirsch, *Opposing Approaches so Johnny Can Read*, artigos no *The New York Times* de 11 Setembro de 1999.

<sup>3</sup> Veja-se a discussão nas páginas 25-26 do relatório *Critérios de elaboração de Programas de Matemática do 7º ao 12º ano*, Eduardo Sá, Isabel Reis, Miguel Ramos e Jorge Pato, Instituto de Inovação Educacional e Sociedade Portuguesa de Matemática, Setembro de 1998.

O que se seguiu, com os novos programas da reforma curricular de 1991 e, especialmente no secundário, o alargamento a todo o País de um programa grosseiramente experimentado e, como sempre, não avaliado, os inevitáveis ‘cortes’,<sup>1</sup> e o fraco ‘programa ajustado’ surgido em 1997, mostra apenas um processo rocambolesco no qual, custe a quem custar, se tornou já clara a responsabilidade política.

Creio que as Ciências da Educação poderão aspirar, no nosso País, a ser uma ciência experimental, mas deverão, para serem ‘Ciência’, praticar um genuíno método experimental, com as tradicionais componentes de *concepção* teórica, *experimentação*, *avaliação* dos resultados e conseqüente *correção e aperfeiçoamento* de estratégias. A espiral amputada, *concepção-experimentação-concepção-experimentação-...*, tão comum entre nós, não serve ninguém: insisto numa séria avaliação, ‘com uma atenção muito especial a respeito da qualidade dos dados recolhidos e da sua interpretação, [com] fortes reservas à intervenção política nesta matéria.’<sup>2</sup> Sem isto, as Ciências da Educação não poderão sair do gueto retórico em que se encontram.

Que o seguinte recado fique para quem o entende: a disciplina de matemática e as competências que lhe estão associadas são extremamente vulneráveis aos sucedâneos de fraca qualidade. A matemática apenas foi e será a primeira disciplina a dar o sinal de alarme, bem patente na inegável crise que o seu ensino atravessa.

### **Olhar para onde?**

A alteração do sistema de formação de professores de matemática deverá fazer-se melhorando o que existe, usando a inteligência, com o pensamento posto nas próximas gerações, e nunca com um pensamento de oportunidade conjuntural e corporativa. Impõem-se medidas estratégicas que tendam a incrementar a preparação técnica e a qualidade do desempenho pedagógico dos futuros professores, dois factores que hoje rondam níveis de qualidade confrangedoramente baixos. Um exemplo de medida que me parece ir ao arripio deste princípio, e do senso comum, é a diminuição da exigência da qualidade técnica-matemática dos cursos de formação, expressa na estratégia de formação acelerada (leia-se: diminuição do número de anos dos cursos) e uma concomitante redução

<sup>1</sup> Contidos nas *Orientações de Gestão do Programa*, de 1995.

<sup>2</sup> Veja-se *Inovação nos Planos Curriculares dos Ensinos Básico e Secundário, Reflexões sobre Programas de Língua Materna, Matemática e Ciências*, Amália Bárrios, Eduardo Marques de Sá, Isabel Maria C. da Cunha, Joana Castro, Jorge Dias de Deus, José Vítor Adragão, Paulo Feytor Pinto, Teresa Peña, a publicar pelo Instituto de Inovação Educacional.

da escolaridade dedicada aos aspectos técnicos da matemática. Tudo isto facilmente se instala por acerto q.b. das exigências mínimas, abaixo do que actualmente se pratica. Talvez uma tal política convenha ao funcionamento de algumas instâncias de formação sem potencial para melhor desempenho, mas devem as autoridades de hoje prever as consequências que advirão da montagem de uma estrutura que permita níveis baixos de qualidade: a estrutura determinará o devir do sistema e a próxima geração ver-se-á confrontada com uma situação implosiva do sistema de ensino, difícilíssima de remediar, com um défice cultural que levará à importação, sem contrapartida, de profissionais qualificados.<sup>1</sup>

Nesta matéria devemos olhar lá para fora, para o que de melhor se faz na Europa de cuja cauda queremos fugir. Há que ter especial cautela com o que importarmos dos EUA, onde há não um mas 50 sistemas educativos diversos... Aponto algumas razões para a minha desconfiança: por um lado, reproduzir cá o que lá se passa é optar por padrões considerados de baixo nível por muitos responsáveis dos próprios EUA, em face dos sistemáticos maus resultados em avaliações internacionais, que colocam os ‘K-12’ americanos como dos piores sistemas de educação básica do mundo desenvolvido; por outro lado, a enorme capacidade de reacção do público norte-americano aos maus resultados de reformas que atinjam os seus filhos está em claro contraste com a nossa inércia e o nosso desinteresse;<sup>2</sup> finalmente, se os EUA podem levantar-se de uma crise do seu sistema educativo,<sup>3</sup> o nosso fraco poder económico e a conjuntura de expansão, para oriente, da UE, não nos permitem o luxo de um erro estratégico em matéria tão sensível... nos EUA joga-se a hegemonia mundial, por cá, arriscamos a nossa independência.

---

<sup>1</sup> Não me refiro (apenas) aos profissionais do ensino, mas a todos aqueles que por eles são preparados.

<sup>2</sup> Há inúmeros e bem conhecidos exemplos que ilustram a força e dinamismo da opinião pública nos EUA; para não ir mais longe, recorde-se a vertiginosa queda da “new math” em meados dos anos 70. A nossa inércia e desinteresse estão bem patentes na nossa generalizada ausência das escolas, como pais de alunos e educadores, e no modo como vamos aceitando, ano após ano, os desastrosos resultados no exame de matemática do 12º ano e os péssimos resultados do TIMSS, como se de um fado nosso se tratasse.

<sup>3</sup> Refiro-me ao ‘K-12’, claro, sendo muito interessante verificar o seu profundo contraste com o sistema de ensino universitário dos EUA: “*Although our political traditions and even our universities may be without peer, our K-12 education is among the least effective of the developed world*” (E.D. Hirsch, *The schools we need*). A diferença é, pelo mesmo autor, atribuída a erros de opção metodológica: “*If thousands of Marxist thinkers could have been caught for decades in the grip of a wrong socioeconomic theory, it is not beyond imagination that a cadre of American educational experts could have been captivated by wrong theories over roughly the same period*” (id. *ibid.*).

### **Acreditação, acompanhamento e avaliação**

Há mais de vinte anos que os departamentos universitários envolvidos na formação de professores de matemática vêm protestando contra a intervenção do Estado na promoção da entrada de pessoas muito pouco qualificadas para leccionar essa disciplina nas escolas básicas e secundárias. Com tal política, foi sendo dito aos nossos jovens, ano após ano, que não vale a pena o ingresso em cursos que formem professores de matemática. Trata-se, sempre, de política simpática de emprego, leve e fácil atitude com a qual o poder vai, ano após ano, delapidando a nossa competência na formação matemática das camadas jovens.

Outro fenómeno, mais recente, mas não menos preocupante, é a promoção de escolas que pretendem formar professores de matemática sem possuírem formadores com as qualificações que a lei e a tradição impõem às universidades (exigências que, quanto a mim, as universidades devem continuar a impor a si próprias). A concorrência ameaça deixar de ter regras, face à referida miopia profunda do Estado na distinção entre o que tem qualidade e o que a não tem.

Assim, tornou-se crucial a existência de um mecanismo como o recém-constituído Instituto Nacional de Acreditação da Formação de Professores. É crucial, mas já vem um tanto atrasado e, na minha opinião, não é suficiente. O que ao nosso País falta, e com que premência!, são mecanismos de avaliação de actividades no terreno, sérios e exigentes. São necessárias instituições de observação e acompanhamento, mas muito especialmente de *avaliação externa* do que as instituições de formação de professores fazem, com especial rigor na matemática, dada a sua já referida susceptibilidade como disciplina *estruturante* do pensamento humano.

A simples medição, em retóricos projectos de papel, dos créditos globais atribuídos, por exemplo, a áreas de formação como *Matemática*, *Didáctica* e *Prática Pedagógica* é claramente insuficiente. Há muitas formas de ocupar, no tempo e no terreno, uns tantos créditos na área científica, para formar um professor de matemática; por exemplo, pode criar-se um disciplina intitulada, digamos, *Resolução de Problemas*, em que, literalmente, se resolvem problemas retirados dos nossos - muito maus - manuais do ensino básico ou secundário;<sup>1</sup> tal prática é de rejeitar, não só por se processar a um nível científico

---

<sup>1</sup> Refiro-me à *qualidade média* dos manuais de matemática adoptados nas nossas escolas... e tenho em conta que um mau manual, com uma substancial quota de mercado, contribui substancialmente para o decréscimo da média geral.

impróprio para o desenvolvimento das elevadas competências a exigir a um professor de matemática, como por instituir como hábito e padrão, entre os futuros professores, a baixíssima qualidade científica e linguística dos nossos manuais. A enfeitados e verbosos projectos de formação de professores podem estar associados desenvolvimentos e práticas pedagógicas em níveis de inaceitável pobreza intelectual.

Chamo a atenção para o facto de a Ordem dos Engenheiros ter instituído sistemas de avaliação frequente dos cursos de engenharia, de cujos processos fazem parte, entre outros elementos, o nível profissional e académico dos professores, os programas pormenorizados e... os enunciados da avaliação final em cada disciplina.

### **Uma visão da formação de professores**

Pelos seus objectivos e orientações metodológicas, os nossos programas exigem do professor a execução de um trabalho difícil, para o qual é essencial uma formação sólida sob o ponto de vista técnico que deveria ser, no futuro, convenientemente analisada. Em particular, as metodologias baseadas na resolução de problemas e num processo de geração e amadurecimento dos conceitos, exigem importantes competências: um sólido conhecimento de cada tema e subtema e uma visão integrada das matérias a leccionar; uma percepção da matemática que envolva os seus aspectos concretos e abstractos, a sua história remota e contemporânea, que distinga o essencial do acessório, o fácil do difícil, o demonstrável do não-demonstrável num dado contexto. Em qualquer nível, o ensino baseado na resolução de problemas exige um professor *conhecedor de muito mais do que ensina*, único modo de encarar com confiança as situações que de improviso necessariamente surgem a propósito dos problemas que propõe e da interacção que a sua resolução origina.

O improviso de cada aula, para que resulte e tenha efeitos na aprendizagem, exige preparação aturada, pressupondo, para além do já referido domínio do aspecto técnico, bons conhecimentos dos instrumentos didácticos adequados e de alternativas metodológico-didácticas de abordagem de cada um dos temas. Sublinho a palavra *alternativas* por oposição ao monolitismo metodológico-didáctico tão em voga nos nossos programas e que considero o oposto de um princípio, que repetidamente tenho defendido,

de *liberdade e responsabilidade* dos professores no que respeita à gestão da sua relação com os seus alunos.<sup>1</sup>

Em conformidade, defendo o reforço das actuais disciplinas de didáctica específica da matemática nos cursos de formação, leccionadas por profissionais com formação de alto nível matemático. E defendo vigilância interna e externa muito cuidadas quanto aos conteúdos e métodos utilizados na leccionação dessas disciplinas.

Tem sido dado muito relevo à formação para a cidadania, à formação explícita e específica do futuro professor nos aspectos deontológico e axiológico. É para mim um aspecto essencial da formação de um ser humano: começa nos cinco anos de educação pré-primária e termina quando cessa a vida. É escusado pensar-se que os cursos de formação inicial podem produzir licenciados com perfis de professores de-mão-cheia, muito especialmente no que respeita aos princípios e valores de ética profissional. Trata-se de algo que se não ensina, mas que se aprende com a vida numa escola a sério, que enquadre os professores mais jovens, em cujo dia-a-dia todos os professores participem, por cujas actividades escolares os pais se interessem; passa, também, por uma cultura de exigência na escola, em que os alunos e os professores se enquadram porque trabalham. É também esta, na minha opinião, uma função importante dos processos exigentes de avaliação: o de interiorizar, nos estudantes, o princípio da sua responsabilidade na *sua* formação e, nos professores, a sua responsabilidade na formação de terceiros.

Não me parece que este quadro ideal se possa gerar mediante disciplinas semestrais de ética profissional nos cursos de formação inicial. A aprendizagem, numa escola, numa universidade, de princípios e valores de cidadania, do respeito pelos outros, pelos seus direitos e diferenças, faz-se em todos os actos da vida, na família, na escola, na universidade: desde a assiduidade, à conduta nas aulas e nos corredores, ao estudo, às praxes, à relação com a cidade.

---

<sup>1</sup> Veja-se o relatório acima citado e ainda *Inovação nos Planos Curriculares dos Ensinos Básico e Secundário, Reflexões sobre Programas de Língua Materna, Matemática e Ciências*, Amália Bárrios, Eduardo Sá, Isabel Cunha, Joana Castro, Jorge Dias de Deus, José Vítor Adragão, Paulo Feytor Pinto, Teresa Peña, a publicar pelo Instituto de Inovação Educacional.



# O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA AS APLICAÇÕES

*Miguel Beleza*

*(Faculdade de Economia - Universidade Nova de Lisboa)*

Minhas Senhoras e meus Senhores, boa tarde e muito obrigado pela vossa presença e pela vossa atenção. Confesso que estou um pouco embaraçado porque não estava a contar com uma audiência tão distinta. Já percebi que vou falar para pessoas que sabem mais do que eu.

No que toca ao ensino da Matemática fui, até agora, e certamente serei para o resto da minha vida, sobretudo aluno, nunca professor. Partindo deste ponto de vista, pensei que poderia ter algum interesse contar-vos um pouco da maneira como aprendi alguma Matemática. Certamente menos do que devia, mas alguma. A principal conclusão é simples, e é o que gostaria de vos deixar. Por um lado, em muitos domínios, e em particular no sector financeiro, em que trabalho, é indispensável saber alguma Matemática. Por outro lado, mesmo se esses conhecimentos não são indispensáveis, em muitos casos é possível exprimirmo-nos de uma forma mais precisa e mais elegante utilizando linguagem matemática. O que dá uma grande superioridade às pessoas que têm essa capacidade. Tenho-o constatado de muitas e variadas maneiras.

Adiantando-me um pouco ao que gostava de vos dizer, e no domínio da Economia e em particular em questões financeiras, há um aspecto muito importante do pensamento mais recente, - i.e., daquilo que nós hoje estudamos e sabemos ou pensamos que sabemos - a que gostaria de dar ênfase. Trata-se da necessidade de considerar de modo explícito que expectativas ou outras variáveis não observáveis (ou observáveis com erro), numa palavra, a incerteza, são cruciais para uma grande parte da análise económica. Penso, aliás, que isto é intuitivo e já se sabia há muito tempo. O problema é que até há pouco não dispunhamos

de instrumentos que permitissem abordar estas questões de uma forma tratável. Muitas decisões económicas, desde a mais corriqueira à mais importante, como fazer um depósito bancário, ou comprar uma casa, ou comprar um automóvel, dependem de forma crucial de expectativas quanto a, e.g., evolução dos preços e rendimentos. Quando eu compro uma casa e peço um empréstimo, tenho que levar em conta o que hoje penso sobre, por exemplo, o meu rendimento e o valor da casa no futuro, para saber se vou ser capaz de pagar o meu empréstimo e se a compra da casa será um bom negócio. Quando um indivíduo compra uma acção na bolsa, quando especula contra uma determinada moeda, fá-lo porque pensa que conhece, que tem uma boa ideia do que vão ser os valores futuros de uma variável ou de uma série de variáveis importantes. Por exemplo, se eu num dado momento vendo reais, a moeda do Brasil, é porque estou convencido de que o real vai descer e eu ganho se me desfizer dos ditos reais ou se pedir emprestado nessa moeda. Se algumas entidades perderam muito dinheiro neste tipo de transações foi, evidentemente, porque as suas expectativas não se confirmaram, i.e., os factos não seguiram os seus argumentos.

O que acontece com as expectativas, e é isso que eu quero salientar, é que se referem a variáveis intrinsecamente incertas. A maior parte de nós não conhece o futuro com exactidão, e por consequência tratar matematicamente variáveis futuras, formalizá-las, colocá-las na forma de um modelo obriga expressamente a considerar que essas variáveis não são conhecidas. Podemos aproximá-las através de uma distribuição estatística, eventualmente incluindo elementos Bayesianos nessa distribuição. Muitas vezes para prever o futuro olhamos para o passado que conhecemos, mas de facto estamos a considerar algo que é incerto intrinsecamente. A maneira correcta de fazer muitos tipos de trabalhos interessantes, ou a forma de resolver questões práticas - eu já vos darei um ou dois exemplos, se tiverem a paciência de me seguir - é reconhecer explicitamente a incerteza. A Matemática aplicada, em particular a Estatística e disciplinas relacionadas, é hoje em dia particularmente importante, quer para estudar Economia em geral, quer para nos movermos no mundo financeiro, aquele que eu neste momento tenho obrigação de conhecer melhor.

Gostava de vos contar como é que eu próprio cheguei a esta conclusão. Estudei Matemática como todos nós no liceu, e aí alternei entre bons e maus professores, como infelizmente acontece muitas vezes. Uma conclusão óbvia que tirei é que a Matemática é

uma disciplina em que a qualidade do professor é essencial. Será por isso certamente que eu, embora seja professor de algumas coisas, nunca ousei ser professor de Matemática. Na faculdade, tive uma experiência parecida. Em Económicas, no ISCEF, tínhamos, no primeiro ano, uma cadeira de Matemáticas Gerais, que eu reputo de muito boa, já vos direi porquê. Na altura as coisas eram um pouco diferentes de hoje. Havia a expectativa à partida que uma grande parte dos alunos não iria fazer a cadeira à primeira. Cada um dos professores co-regentes tinha talvez mil alunos. Em média, cada um passava oitenta, noventa, cem alunos por ano. Os professores já sabiam que grande parte dos alunos não iria passar, os alunos já sabiam que muitos não iriam passar. Estávamos, evidentemente, perante um caso clássico de instabilidade. A raiz da equação diferencial em causa era claramente positiva. Íamos acumulando sempre mais alunos nos primeiros anos. Penso que a maneira de ensinar a cadeira era deficiente, embora a preparação fosse bastante boa para os alunos que passavam, como vim depois a constatar. À roda de 1972/73 houve múltiplas confusões e passagens administrativas. “Limparam-se” muitos alunos que naturalmente ficaram sem perceber nada de Matemática. Tive outra experiência menos simpática na faculdade. Um outro cavalheiro, professor de Matemática, ensinava umas coisas particularmente interessantes e originais, mas cuja parte certa era lamentavelmente bastante pequena. O que devia ter aprendido nessa altura fez-me depois muita falta. Por isso uma parte importante da minha preparação foi feita à minha custa, e não foi muito bem feita. Tive, felizmente, uma excelente preparação em Estatística. Tive também a sorte de ter alguma preparação adicional aqui perto, no Instituto Gulbenkian de Ciência, que bem conhecem. Várias disciplinas que aí estudei deram-me depois muito jeito. Constatei, quando fui para os Estados Unidos estudar, que de Economia sabia pouquíssimo. Será estranho, mas é verdade. A nossa formação económica era muito má. Em compensação, graças às Matemáticas Gerais e outras cadeiras que estudei depois, eu sabia mais de Estatística do que os meus colegas. Deu-me um jeito formidável, no MIT, não ter que estudar Estatística, e poder desistir da cadeira de Matemática porque não precisava dela. Isso deu-me mais tempo para estudar a Economia que muita falta me fazia.

Constatei depois em variados episódios da minha vida profissional que ter alguma formação matemática era muito útil. Por exemplo, para estudar questões como Planos ou Programas. Terão ouvido falar, se calhar, num documento que o Ministério das Finanças apresentou há pouco tempo, o Programa de Convergência. É, ou devia ser, um conjunto

coerente de objectivos e instrumentos de política económica que deverão permitir obter certos resultados, dentro de alguns anos. Quem tenha algum conhecimento de Economia percebe facilmente que é preciso tratar destas questões utilizando aquilo a que chamamos o “equilíbrio geral”. Basicamente, significa que temos de ter em consideração as interacções entre as variáveis mais importantes. É, creio, um problema intratável se não soubermos um bocadinho de Matemática. Se tivermos essa formação, é fácil descobrir que o dito Programa é inconsistente com alguma probabilidade. É muito mais difícil de o constatar sem essa preparação.

A este propósito, recordo que também dei aulas a pessoas que sabiam mais do que eu. Por exemplo, um distinto antigo aluno meu, engenheiro, quando lhe expliquei que o equilíbrio geral era segundo os meus colegas americanos o que distingue “os homens dos rapazes”, isto é os profissionais dos amadores, disse-me que se tratava de uma questão sem nada de especial. Era apenas como uma rede eléctrica, com algumas deficiências! Eu, naturalmente, acreditei.

Para terminar, e porque já ultrapassei os minutos que me concederam, gostava de voltar às questões financeiras. Falei-vos há pouco de assuntos como a evolução das moedas ou das taxas de câmbio e dos mercados financeiros em geral. Há quem pense que esses mercados são dominados por especuladores, indivíduos que fazem as mais variadas maldades. Alguns especuladores serão porventura assim. Mas a grande maioria dos ditos são pessoas estimáveis, e penso que devemos ter estima por eles. Por exemplo, os responsáveis pela gestão do património dos nossos fundos de pensões. Eu espero que quem toma conta do meu fundo de pensões especule sem piedade contra qualquer moeda ou contra as acções de qualquer empresa que pense que está a perder valor. Para fazer esse tipo de trabalho é absolutamente indispensável ter uma boa formação matemática. E é interessante ver que nas grandes casas financeiras, nos grandes bancos de investimento, há uma enorme procura de professores de Matemática, ou de Física, ou de disciplinas semelhantes, para tratar questões muito complicadas.

Gostaria, finalmente, de vos dar dois curtos exemplos de coisas interessantes - e para mim complicadas - que nós economistas fazemos, com a ajuda preciosa de profissionais de Matemática, evidentemente. Trata-se de questões que se relacionam com expectativas e incerteza. Espero que as contas estejam bem feitas, sobretudo as que são feitas no BCP. O primeiro exemplo consta do gráfico 1, “*Global Volability Index*”,

calculado por uma das mais respeitadas casas nesta área, a *J.P. Morgan*. Para que servem estes exercícios? No caso concreto dos bancos para protegermos os nossos depositantes e outras pessoas que nos confiam as suas poupanças. Para isso tentamos ajuizar do risco envolvido nos diversos tipos de activos, de investimentos. Nos últimos anos registou-se um grande aumento da volatilidade, da incerteza nos mercados internacionais. Nós procuramos traduzir a volatilidade calculando o que não é mais do que um desvio padrão glorificado. O seu cálculo é muito complicado *inter alia* porque se trata de analisar um enorme número de variáveis. É preciso estudar a distribuição conjunta de uma infinidade de cotações de títulos transaccionados nos mercados mais variados, que por sua vez dependem de uma infinidade de taxas de juro, de taxas de câmbio.... O gráfico 1 mostra uma medida da volatilidade dos mercados financeiros mundiais. É interessante verificar a enorme subida da volatilidade, e por isso da incerteza quanto à evolução dos preços dos activos financeiros nos últimos tempos. O Gráfico 2 não se destina a fazer publicidade ao BCP, apesar das aparências. Permitam-me que explique do que se trata em dois minutos. Quando trabalhamos num banco podemos e devemos considerar o risco do que fazemos com o dinheiro dos outros, i.e., dos nossos depositantes. Aliás, felizmente, o Banco de Portugal obriga-nos a fazê-lo. O risco mais evidente será o chamado “risco de crédito” que é, basicamente, o risco das entidades a quem emprestamos não pagarem. Para avaliar esse risco há regras conhecidas, que de um modo geral se baseiam na probabilidade atribuída ao incumprimento. Há outro tipo de risco com mais interesse, mais graça, do nosso ponto de vista, o risco “de mercado”. De que se trata? Quando um banco recebe depósitos dos seus clientes não fica com o dinheiro no bolso, nem em caixa, mas utiliza-o, investe-o das mais variadas maneiras. E há uma quantidade importante de riscos “de mercado” associados a esse investimento. Há o risco de taxa de câmbio. Posso investir em activos denominados em dólares, que amanhã podem valer mais ou menos. Posso comprar activos em reais, que há pouco perderam quase 50% em poucos dias. Posso também investir em títulos da dívida pública, portuguesa por exemplo. O Estado português vai pagar, acreditamos todos nisso, mas apesar disso eu corro o chamado risco de taxa de juro. Se hoje, por hipótese, a taxa de juro é 5%, de um investimento de 100, recebo 5. Se a taxa de juro subir para 10% e se eu tiver um desses títulos que só me rendem 5, estou a perder porque com os tais 100 conseguia agora 10. Ou seja, os 100 que investi passam agora a valer menos. Pensem agora no balanço de uma instituição financeira, com uma quantidade enorme de rubricas, cujo

valor depende de muitas taxas de juro, de muitas taxas de câmbio, por exemplo. A maneira correcta de o analisar sob a perspectiva do risco é tratar todo esse conjunto como uma variável aleatória multidimensional, com centenas de dimensões. Uma técnica de avaliar o risco é procurar construir um intervalo de confiança que nos dê, com 95 ou 99% de probabilidade, o máximo valor que eu posso perder durante certo período, por exemplo, nos dez dias seguintes. A isto chama-se calcular o *Value at Risk*, ou VaR. Como se faz? Na prática admitimos que a distribuição dessa variável multidimensional é da família da normal, senão temos um problema intratável, e procuramos calcular os vectores dos primeiros momentos e as matrizes dos segundos momentos. Se o VaR que calculamos é demasiado alto alteramos a composição do balanço de forma a reduzi-lo. Como sabem, estes cálculos são muitas vezes difíceis, e só se fazem por rotina desde há poucos anos, graças ao progresso dos meios de cálculo. O gráfico 2 retrata para o ano de 1998 uma estimativa, em contos, da perda máxima de valor do balanço do Grupo BCP/Atlântico durante os dez dias seguintes à realização do cálculo com uma probabilidade de 99%. Por outras palavras procuramos calcular um limite de perda num período de dez dias que só será excedido com uma probabilidade de 1%. O gráfico mostra, que até ao Verão, o máximo que o Grupo podia perder em dez dias andava por um milhão e picos de contos. Com a crise da Rússia, com o reacender dos problemas na Ásia, com os problemas do Brasil tivemos um salto considerável e chegamos a VaRs na casa do quatro milhões de contos, em poucos dias. Na parte final de 1998 o VaR volta a cair. Em 1999 o euro veio eliminar uma boa fatia de volatilidade do nosso balanço, porque escudos, marcos, pesetas, ... passaram a ter uma relação fixa entre si, e as respectivas taxas de juro passaram a ser quase iguais. Vejam que os nossos depositantes podem estar descansados, não esteve nunca em risco sequer 1% dos fundos próprios do Grupo. Agradeço a vossa atenção.

Gráfico 1

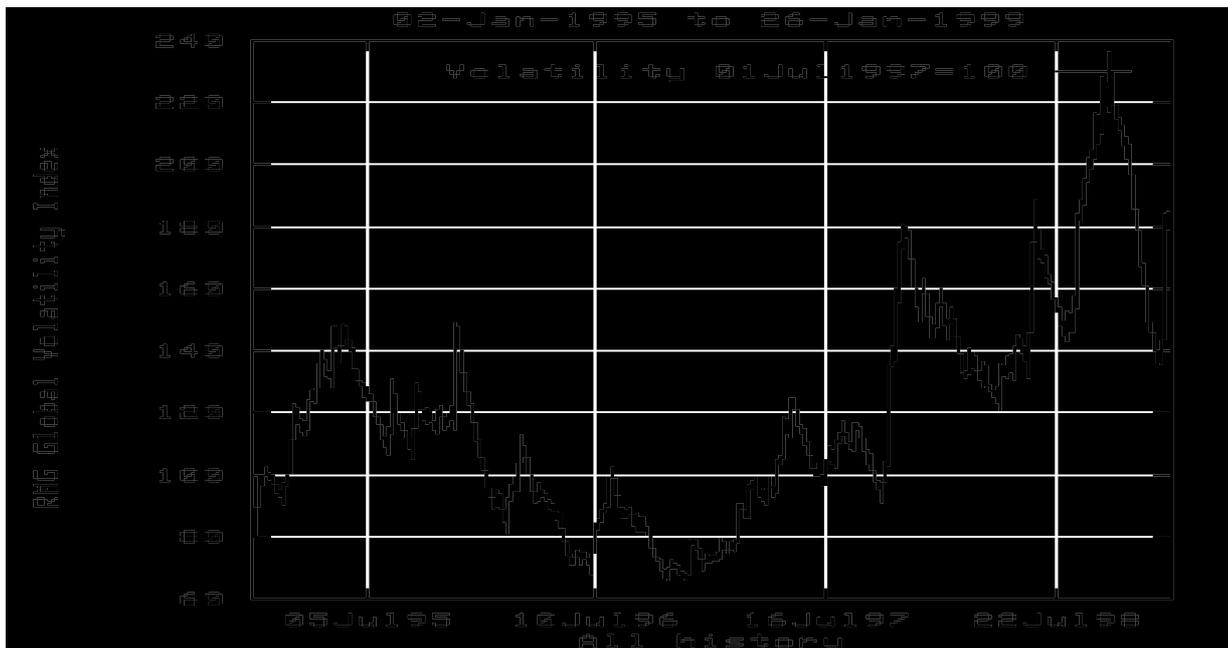


Gráfico 2



# O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA AS APLICAÇÕES

*J. J. Pedroso de Lima*

*(IBILI - Faculdade de Medicina de Coimbra)*

## **Medicina e Matemática**

No seu início todas as ciências, incluindo a própria matemática, tiveram uma fase meramente descritiva. A física só passou a ter carácter de ciência a partir do século XVI com Newton e a introdução da matemática de maneira sistemática na linguagem da física. Quatro séculos depois assistimos aos esforços levados a cabo em Medicina com a intenção de introduzir uma aproximação científica, com rigor matemático, nos seus métodos de avaliação diagnóstica e nas suas metodologias. Esta afirmação poderá ser verdadeira em sentido lato mas, na realidade, os métodos matemáticos são utilizados, desde há muito, em biologia e medicina. Certas ligações entre a biologia e as matemáticas são até relativamente familiares, nomeadamente em genética e na investigação da dinâmica das populações. Por outro lado, se ainda se hesita em falar de biologia matemática, no seu conjunto, como ciência autónoma, não existem dúvidas que a genética matemática é uma disciplina, há muito amadurecida. Do mesmo modo, há já vários decénios que os métodos matemáticos são correntemente utilizados em pesquisas sobre as relações entre populações de animais vivendo em sociedade, bem como na dinâmica própria destas. Conceitos físicos e métodos matemáticos tais como a determinação de espaços, ajustes lineares e não lineares, aproximações a modelos estocásticos, aproximações polinomiais e análise compartimental, dentre outras, são comuns em medicina. Finalmente, notemos que um largo recurso à estatística e aos métodos diversos de tratamento matemático dos resultados das experiências é uma constante já tradicional, no seu conjunto, em diversas áreas da biomedicina. Há também ramos da medicina como a Medicina Nuclear e a RMN que, pela sua própria natureza, tiveram, desde o início, forte envolvimento matemático, físico e

tecnológico e o seu progresso assenta quase exclusivamente em apoio multidisciplinar especializado.

Numa análise da situação presente e do passado recente, aparece como evidente que intervenções da matemática e física, têm contribuído definitiva e decisivamente para o progresso em todos os campos da medicina. Esta contribuição exerceu-se sobretudo por duas vias diferentes: por um lado, através de utilização dos computadores para o tratamento acelerado dos resultados das experiências biológicas; por outro lado, através do desenvolvimento de modelos matemáticos, descrevendo os sistemas vivos e os processos que neles tomam lugar.

Como em outras áreas o computador abriu múltiplos caminhos à medicina. Desde os anos sessenta o computador afectou toda a medicina permitindo uma melhor aplicação dos métodos matemáticos. O uso generalizado de computadores on-line, de sistemas simbólicos e de hardware dedicado está por trás da maioria dos progressos recentes da medicina. O computador não modificou os conceitos matemáticos, pelo contrário, reforçou-os e criou necessidades sempre crescentes em medicina e outras disciplinas com problemas comuns. Para satisfazer estas demandas, apareceram novas sub-especialidades de raiz matemática e com propósitos bem definidos tais como o processamento de imagem, o processamento de dados dinâmicos, a simulação e a visualização 3-D.

Designações, nem sempre esclarecedoras tentam caracterizar as diferentes interacções entre a matemática e a biomedicina.

A biomatemática é a disciplina que combina os usos simultâneos da biologia e da matemática. A investigação em biologia é baseada na experimentação sobre matéria viva ou materiais biológicos, necessitando eventualmente de processos matemáticos.

Por outro lado na matemática biológica, a investigação é de natureza teórica, constituindo um campo específico de colaboração interdisciplinar.

Os biomatemáticos usam propriedades organizacionais e conceitos numa tentativa de descobrir novas respostas para as questões levantadas pelos biólogos sobre a natureza e propriedades dos organismos vivos.

A matemática biológica, em muitos casos, está antes das próprias questões biológicas.

Tudo se passa como se uma das finalidades da matemática fosse a de levar até à natureza as próprias ciências biológicas.

Curiosamente, para além da biologia ser um campo de aplicação dos métodos matemáticos, ela tem sido também uma fonte de novos problemas matemáticos em diversas áreas como a epidemiologia, a simulação da actuação do sistema nervoso (redes neuronais), a inteligência artificial e a fisiologia fractal.

A teoria matemática da epidemiologia das doenças infecciosas, iniciada por Ross, MacDonald, Kermack, McKendrick e outros, foi decisiva no estabelecimento de estratégias de vacinação.

Modelos de propagação de gonorreia foram usados para avaliar a eficácia de estratégias para combater o rápido crescimento da incidência da gonorreia nos EUA na década de sessenta. Esta foi uma das histórias de sucesso da aplicação dos modelos matemáticos para controlo em epidemiologia.

Por outro lado, na prática, o médico procura respostas numéricas a questões numéricas, ou seja, probabilidades de se tratar de uma dada afecção perante resultados de análises bioquímicas, tempos de relaxação, coeficientes de atenuação, velocidade de clarificação, etc., obtidos na sua prática clínica. Esta interacção, consequência de uma contribuição multidisciplinar em Medicina, é uma garantia de rigor em diagnóstico. Esta situação foi gradualmente alargando o campo de envolvimento das disciplinas em que o médico é simples utilizador na sua prática quotidiana.

Uma pergunta que pode surgir é a de qual deverá ser a preparação do médico nestas áreas. Ou, por outras palavras, como devemos reagir ao desenvolvimento de uma medicina científica onde os seus executantes são quase generalizadamente meros observadores dos progressos que diariamente acontecem resultantes de aplicações da biologia molecular, química, física, matemática, etc. É razoável que um especialista, em dado sector médico, seja incapaz de entender um artigo de investigação na sua própria área de especialização já que não entende desde a matemática à física, ou química, nele contidas?

A resposta a esta pergunta varia com a formação do interrogado mas não estranhemos que um médico tradicional ache um disparate saber "essas coisas técnicas". Um argumento adiantado é que a medicina parece poder ser bem executada, quase sempre, mesmo por médicos sem grande preparação básica nas áreas complementares da sua especialidade. Não conhecemos estudos comparativos nesta matéria, capazes de indicar as vantagens ou desvantagens da preparação básica, talvez por falta de estatística numa das populações a comparar.

Contudo, e pelo menos para alguns, há um pressuposto de potencial utilidade para os médicos, dos conhecimentos básicos de matemática. Parte-se da suposição que o conhecimento com base científica causal é mais sólido do que o conhecimento factual, baseado no reconhecimento dos efeitos ou, meramente, na intuição. Parece também plausível que um médico, com a formação básica referida, está mais preparado para assimilar a informação contida na literatura médica moderna, do que na situação contrária. Supõe-se assim que o futuro profissional tem mais armas para actuar e para evoluir na sua preparação, se for capaz de raciocinar baseado em conhecimentos científicos abstractos de física e matemática.

Pensamos que constitui um avanço importante mudar a posição do futuro médico, de simples observador a participante no acto de pensar o processo biológico através das suas próprias leis. Ou seja, cria-se uma convivência do especialista com a própria especialidade que, de contrário, nunca seria tão total.

Devemos, no entanto, confessar que não temos a prova científica, estatística, do reflexo prático, em termos de melhoria do acto médico, que a adição destes conhecimentos irá produzir.

Temos unicamente uma evidência vivida, resultante da observação e contacto científico com médicos que aceitam e cultivam esta atitude. O reconhecimento, de um modo geral, de grande qualidade nestes médicos é um facto que fomos verificando. Quanto ao ensino pré-graduado da matemática acreditamos que uma cadeira com características ajustadas à situação pode ser muito útil num curso onde haja preocupações de uma preparação básica sólida.

A primeira questão a levantar prende-se com a altura do curso de medicina onde deve ser ministrada a preparação em biomatemática. Poderá ser polémica a opção, quase sempre usada, de ser o primeiro ano a melhor altura no curso para ser estudada a matemática dos fenómenos biológicos que, com grande probabilidade, e na maioria dos casos, não foram ainda abordados nas cadeiras médicas. Na perspectiva dos fenómenos biológicos talvez não seja, mas na perspectiva da matemática, acreditamos que sim. À medida que se afastam dos conhecimentos básicos de matemática do curso secundário, mais difícil é para os alunos do curso de medicina estudar ciências das designadas exactas. Quem já ensinou biofísica no curso de medicina, e também em mestrados das especialidades médicas, facilmente entende este ponto.

Contudo, uma vez mais, não baseio estas afirmações em estudos comparativos de resultados, após uma análise exaustiva das possíveis alternativas. É que nós, os das ciências exactas, não podemos vir para as ciências médicas defender o interesse das primeiras e começar logo por argumentar sem qualquer base científica.

Parece não ser irrealista acreditar-se que os conhecimentos da matemática poderão ser úteis em medicina: a) na explicação de múltiplos fenómenos, associados à estrutura e às funções do organismo, quer a nível macroscópico, quer microscópico, b) na aplicação e desenvolvimento de metodologias físicas de apoio em diagnóstico e terapêutica e c) no reforço da capacidade de associação e raciocínio, como instrumento para a criação de ligações causa-efeito, durante a prática da medicina.

Podemos distinguir diversas áreas nas quais foi oferecido apoio matemático à medicina: a fisiologia, na compreensão da dinâmica dos sistemas biológicos, a metodologia no desenvolvimento das técnicas de diagnóstico e terapêutica e no processamento de dados. Alguma sobreposição ocorre entre estas áreas mas os instrumentos matemáticos utilizados vão desde o cálculo diferencial e integral à matemática teórica e à estatística aplicada.

Não é difícil mostrar as potencialidades e a fecundidade dos métodos matemáticos, aplicados aos problemas biológicos e fisiológicos. Importa sublinhar que a aplicação dos métodos matemáticos ao estudo dos fenómenos reais (físicos, biológicos, económicos, etc.) não se limita somente à utilização de procedimentos matemáticos e fórmulas de cálculo conhecidas. A aplicação dos métodos matemáticos no estudo de novos domínios processa-se, antes de tudo, através da elaboração de conceitos gerais suficientemente rigorosos, do desenvolvimento de modelos capazes de servir a análise do processo em estudo por meio de métodos quantitativos exactos, bem como o esclarecimento dos princípios fundamentais que regem a organização do sistema ou sobre sistemas em estudo.

No curso de medicina da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, desde há 4 anos, altura em que ocorreu uma reestruturação do curso, no 1º ano existe a cadeira anual de Biofísica/Biomatemática. Esta cadeira aparece como substituição de duas cadeiras semestrais: a Biofísica e a Biomatemática. Apesar de poder parecer uma simples junção de dois corpos de matéria, a criação de uma cadeira anual de Biofísica/Biomatemática tem um significado bem para além disso. De facto a física e a matemática constituem disciplinas complementares que podem ser utilizadas, em cada

instante, em exemplos de aplicação médica, criando o interesse e a convivência do aluno motivado para estes temas. Está fora de questão o interesse de ser ensinada uma matemática elaborada ou uma física com grande rigor que a tornaria, certamente, impopular, mas sim a intenção de mostrar uma enorme ligação entre a biomedicina e estas disciplinas numa sinergia que constitui afinal a essência dos próprios fenómenos. Na maior parte das situações, o chamado fenómeno biológico tem como base fenómenos físicos ou químicos, susceptíveis de uma tradução matemática. Acreditamos que um aluno não pode ficar indiferente aos sucessivos passos que levam da transferência iónica através das membranas celulares, ao fenómeno da bioelectricidade, do potencial de acção e aos sucessivos passos da sua quantificação, através da dedução matemática da equação de Nernst-Plank. Do mesmo modo, a dedução das curvas de sobrevivência das populações celulares em campos de radiação, utilizando os postulados de acção directa e a espectacular coincidência com resultados experimentais, desperta o aluno para o interesse do método matemático. Estes entre tantos exemplos possíveis.

A estratégia que vimos utilizando, é a de não leccionar teoria matemática mais do que em 2 aulas sucessivas, seguidas de aulas de exemplos biomédicos de interesse reconhecido. Com a junção dos 2 blocos de Biofísica e Biomatemática, esta atitude é prolongada durante todo o ano sem uma divisão muito objectiva a estabelecer fronteiras entre as matérias referidas. Deste modo, os alunos aprendem desde as propriedades das funções, não esquecendo as funções discretas e digitais, até aos integrais indefinidos e definidos, sem a sensação de estarem a estudar assuntos afastados dos seus interesses

Chegará, aparentemente, o momento onde a biologia matemática se transformará num instrumento de investigação da natureza viva, com eficácia comparável à da física teórica no estudo dos fenómenos físicos. Aliás, não resta dúvida que cada vez mais os problemas biológicos e biomédicos servem de inspiração e ponto de partida a numerosos estudos com base matemática. A complexidade de muitos destes processos poderá tornar mais lenta a aproximação do estágio referido mas tudo leva a crer que, cedo ou tarde, a metodologia da matemática acabará por vencer.

## **Bibliografia**

1. Barbieri I., Grassi E., Pallotti G. and Pettezzoni P., Editors. Topics on biomathematics. World Scientific Publishing Co. Singapore, 1993.

2. Bellman, Richard. Mathematical methods in Medicine Series in modern applied Mathematics, vol.1. World Scientific Publishing Co. Singapore, 1983.
3. Bertrandias Jean Paul et Françoise, Mathématiques pour les sciences de la vie, de la nature et de la santé. Presse Univ. de Grenobble, 1997.
4. Burton, T. A. ed. Mathematical Biology: A Conference on Theoretical Aspects of Molecular Science. New York: Pergamon Press, 1981.
5. De Lima, J. J. Pedroso. Nuclear Medicine and Mathematics. Eur. J. Nuc. Med.6:705-719, 1996.
6. Hoppensteadt, Frank C. and Peskin, Charles S., Mathematics in Medicine and the Life Sciences Texts in applied mathematics. Springer Verlag, New York, 1992.
7. Howland, John L. and Grobe Jr., Charles A. A Mathematical Approach to Biology. Lexington, Massachusetts: D. C. Heath and Company, 1972.
8. Robert Rosen ed. Foundations of Mathematical Biology, vol. 1: Subcellular Systems. New York Academic Press, 1972.
9. Sokal, Robert R. and Rohlf, F. James. Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 2nd ad. Sam Francisco: W. H. Freeman and Company.

## O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA AS APLICAÇÕES

*Eduardo Arantes e Oliveira*

*(Laboratório Nacional de Engenharia Civil)*

Ao intervir neste debate, sinto-me ainda como um elemento do LNEC, Laboratório de Estado de que já não sou director (deixei de o ser em Dezembro passado), mas de que sou ainda presidente do Conselho Consultivo. O facto de já não ser director permite-me falar da instituição com um distanciamento que, a meu ver, clarifica as coisas.

No IST, que frequentei nos anos 50, a formação matemática era excelente, melhor do que seria possível encontrar na maioria das escolas de engenharia fora do nosso país.

Depois de uma passagem de quatro anos pela Indústria, entrei no LNEC. A conclusão a que vou chegar, e que desde já adianto, é a de que é imprescindível num Laboratório de Estado uma formação intra-muros.

A minha formação não podia considerar-se típica. Entrei com a formação matemática universitária que me tinha sido dada pelo Professor Mira Fernandes, e tivera no Liceu Gil Vicente um excelente professor, o Dr. Dias Agudo, que sabia aliar o rigor à criatividade. Permito-me chamar a atenção para a importância do ensino secundário: as aulas do Dr. Dias Agudo marcaram-me para sempre e, sem elas, difícil me teria sido aproveitar a formação do Professor Mira Fernandes.

No LNEC, todos os jovens estagiários - chamavam-se, na altura, tirocinantes - tinham um programa de estudos muito pormenorizado. A rigidez característica da época obrigava a que esse programa de estudos fosse aprovado pelo próprio Ministro das Obras Públicas. A verdade, porém, era que, com rigidez ou sem ela, os programas eram, em geral, bem pensados. A bibliografia que os acompanhava remetia para uma série de livros

cuja leitura nos era aconselhada, e, nalguns casos, eram-nos indicados, dessas obras, os capítulos cuja leitura era considerada indispensável.

Poderíamos vir a ser interrogados sobre a matéria constante desses livros ou capítulos numa prova complementar que já não existe praticamente nos doutoramentos, mas que existia nos concursos para investigador auxiliar, prova essa que se destinava a avaliar a cultura científica. Os arguentes, não só faziam perguntas, como diziam: “fale sobre este assunto...” Lembro-me que me pediram para falar sobre a torção, e que falei largamente sobre o tema.

Gostaria de me referir a um outro ponto, porque entendo ser importante: o LNEC dispunha de um matemático, o Dr. Gustavo de Castro, cuja função era, entre outras, fazer cursos e conferências. O Dr. Gustavo de Castro revelou-se, a meu ver, um elemento essencial para manter uma atmosfera cultural de carácter científico dentro da Instituição. Tinha fama, quando fazia um curso, de se limitar a dar as quinze primeiras páginas de um livro que indicava previamente aos participantes. Depois o curso parava, com desgosto de todos. Mas a ideia dele era a de que, uma vez dados os aspectos essenciais, mais formativos, as pessoas que quisessem podiam ler o livro e continuar a estudar sozinhos. Verdadeiramente importante eram os conceitos fundamentais.

Posso dizer que fiquei a dever-lhe muito. Os cursos cujas introduções ele fazia iam-se seguindo uns aos outros e despertavam a atenção de muita gente. Mantinham um ambiente cultural e formavam-nos. Creio ser importante que, dentro dos Laboratórios de Estado, haja pessoas com este perfil.

Falarei agora um pouco sobre os cursos de mestrado nas universidades portuguesas, a propósito de um curso de mestrado que depois segui no Massachusetts Institute of Technology – MIT.

Comparando os mestrados nas boas universidades americanas com os das universidades portuguesas, penso que os nossos pecam bastante por falta de exigência. E um caso típico é o das cadeiras de matemática dos mestrados em engenharia. Consideradas como cadeiras menores, as cadeiras de matemática são, nesses cursos, muito menos exigentes que as cadeiras de matemática dos cursos de licenciatura.

Ao reger uma cadeira de Complementos de Matemática e Mecânica num curso de mestrado em Engenharia de Estruturas, pude concluir que os alunos, já engenheiros, não tinham paciência para seguir um plano de estudos demasiado exigente, nem estavam

dispostos a fazer trabalhos de casa ou exames demasiadamente complicados. Ao professor põem-se duas alternativas: ou reprova todos, ou torna-se menos ambicioso.

Entre uma cadeira destas e as que frequentei no MIT há de facto uma diferença enorme. Mas, curiosamente, no MIT, os europeus que vinham preparados com os seus cursos de licenciatura, ou de nível equivalente (na Europa, por essa altura, não havia praticamente cursos de mestrado), tinham fama de estar muito bem preparados em matemática. Dizia-se: “é europeu, sabe matemática”.

Voltando aos Laboratórios de Estado, os cursos de mestrado têm sido olhados com simpatia por alguns destes, e muito especialmente pelo LNEC. Penso, porém, que muito se perdeu quando o LNEC passou em grande parte para as universidades, ou seja, para os cursos de mestrado, uma responsabilidade que antes fora sua: a formação científica dos seus jovens investigadores. Até porque os mestres são dispensados da prova que, nos doutoramentos, serve, ou servia, para avaliar essa cultura científica. Observo que essa prova não é a chamada mini-tese, relativamente à qual sou muito crítico, porque em geral não avalia nada que a prova de defesa da tese não tenha avaliado.

Ao passar esta responsabilidade para as universidades, o LNEC quase deixou de tomar medidas específicas para criar intramuros uma atmosfera de cultura científica semelhante à que existira quando eu era um jovem investigador.

Confesso que me sinto frustrado, como antigo director, por não ter feito mais para desenvolver dentro da Casa a formação científica, e especialmente matemática dos investigadores. Sinto que devo apontar algumas razões.

Uma primeira foi a descentralização que eu próprio quis imprimir à gestão científica e técnica do LNEC, procurando responsabilizar o mais possível os departamentos.

Uma segunda foi que os órgãos colegiais, preocupados com o sensível aumento da investigação por contrato e de outras actividades científicas e técnicas (OACTs, segundo a terminologia do Manual de Frascati), nunca se manifestaram demasiadamente entusiasmados por fomentar novas actividades científicas de base. Tanto a investigação por contrato como as OACT desenvolveram-se de facto extraordinariamente no LNEC, e havia receio de, ao lançar novas actividades, se desincentivar as primeiras, que eram essenciais ao País.

Uma terceira, foi que a actividade do LNEC se diversificou, aumentando substancialmente o número dos perfis científico-tecnológicos e das ciências básicas consideradas essenciais para cada perfil. E sempre notei, da parte dos departamentos, uma hesitação em considerar a matemática uma ciência básica comum a todos eles.

Uma quarta, foi que os formandos preferiam eles próprios seguir cursos de mestrado nas universidades, não só porque esses cursos conduziam a um grau universitário, mas também porque os libertavam da temida prova complementar de doutoramento. Os cursos internos não lhe dariam qualquer vantagem comparável.

Uma quinta, foi que apostar simultaneamente nos cursos de mestrado e nos outros representava um duplo investimento para a instituição em tempo de formandos, o que dificultava mais ainda atender a outros aspectos considerados, com razão, essenciais da formação do LNEC, nomeadamente a intervenção dos formandos na investigação por contrato. Um sistema de prémios que se pensava instituir para os trabalhos científicos não foi por diante com o argumento de que seria injusto para aqueles que se dedicavam prioritariamente a actividades consideradas mais afins da vocação do laboratório.

Pode pensar-se que um director tem toda a liberdade para determinar o curso dos acontecimentos, mas o facto é que muitas coisas se fazem através de outras pessoas cujas opiniões há que respeitar, e que, para que as iniciativas tenham êxito, tem que existir dentro da instituição um mínimo de consenso.

Fizeram-se no entanto algumas experiências interessantes.

Entre estas, posso mencionar um curso com a duração de algumas semanas regido pelo Professor Luís Trabucho.

Havia intenção de lançar mais, até porque se sabia que cursos desse tipo eram necessários, não só ao LNEC, mas também aos departamentos universitários onde também fazem falta. Segundo me disse o Professor Luís Trabucho, uma das vantagens que via na sua colaboração era poder reger cursos que teria dificuldade em reger de outra maneira e trazer a eles colaboradores, quer seus, quer de outros professores universitários.

Sabe-se que vai haver nova legislação relativa ao sistema científico em geral e aos Laboratórios de Estado em particular. Penso que será importante aproveitá-la o melhor possível, sobretudo no que se refere a um órgão de aconselhamento científico que poderá propor soluções interessantes para os problemas que estão a ser tratados nesta reunião.

Uma experiência de âmbito mais vasto foi a criação, no LNEC, de uma comissão que tinha por objectivo o desenvolvimento dos modelos matemáticos, incluindo a sua demonstração, calibração e validação. Chamou-se-lhe MODMAT.

É preciso compreender a importância da modelação em engenharia: Anteriormente a análise era tão complicada que se perdia o tempo todo a tentar resolver as equações de modelos que já existiam. Hoje em dia, os computadores digitais tornaram possível o desenvolvimento de novos modelos a cujas equações podem aplicar-se as técnicas e instrumentos de análise a que os computadores nos permitem recorrer.

Segundo o pensamento que inspirou a sua formação, a comissão em causa permitiria aproveitar, por um lado, o facto de alguns departamentos estarem mais desenvolvidos do que outros do ponto de vista das aplicações da matemática, especialmente no que se refere aos métodos computacionais. Aos primeiros departamentos caberia pois fomentar o desenvolvimento das aplicações da matemática nos restantes. Tratava-se, por outro lado, de aproveitar a enorme riqueza constituída pelos equipamentos experimentais do LNEC, e a experiência adquirida na sua utilização, bem como o rico património constituído pelos resultados da observação dos protótipos, para inspirar e validar novos modelos matemáticos das obras em engenharia civil.

A comissão era presidida pelo Director e dispunha de um secretariado executivo que ficou no Departamento de Barragens, por ser considerado o mais avançado em métodos computacionais. Constituía-na os investigadores que em cada departamento eram mais vocacionados para promover as aplicações de matemática. Estes investigadores fizeram, nos seus próprios departamentos, um levantamento dos problemas e das aplicações, e procurou-se passar experiências de uns para os outros.

Seguiu-se a estratégia de colocar um certo número de estagiários de investigação no Departamento de Barragens para serem formados. Seriam distribuídos, mais tarde, vários outros Serviços.

Devo dizer que o projecto não teve êxito porque o Departamento de Barragens os absorveu a todos. E revelou-se muito difícil passar pessoas de uns departamentos para os outros.

De facto, neste momento, aqueles que foram assim introduzidos no Departamento de Barragens aí estão a fazer os seus doutoramentos. O menos de que poderiam queixar-se, se de lá fossem retirados seria que a Direcção estava a prejudicar o seu caminho normal, e

a elaboração das respectivas teses. Ficou-me a esperança de, um dia, depois de essas teses terem sido defendidas, virem a ser colocados noutras departamentos.

Eis pois a minha experiência.

Não penso que tenha conduzido as coisas da melhor maneira. O que penso, hoje em dia, é que se deveria criar no LNEC, geograficamente, embora não necessariamente institucionalmente, um centro comum às universidades e ao Laboratório, com uma grande autonomia, como a FCCN.

Para quem não conheça a FCCN, direi que é uma Fundação para o Cálculo Científico, que está sediada no LNEC, mas que pertence, não só ao LNEC, mas também às Universidades de Estado e à Fundação da Ciência e Tecnologia.

A missão do centro cujo lançamento proponho seria fazer o levantamento das necessidades científicas das várias unidades do LNEC e dos departamentos universitários, passando conhecimentos de uns para os outros.

Promoveria cursos também, e oferecer-se-ia para coordenar projectos. Seria importante promover, não só no âmbito desse centro, mas também a outros níveis, uma *cross fertilisation* entre áreas científicas: Engenharia e Medicina, Engenharia e Biologia, Engenharia e Economia, etc..

Há, por exemplo, conceitos que vêm da medicina, que são extremamente importantes hoje em dia, em áreas como a inteligência artificial, assim como existem conceitos da engenharia que são úteis em medicina.

Termino lembrando que os modelos matemáticos que são utilizadas em certas áreas científicas podem ser muito importantes noutras áreas cujos especialistas nem sequer sonham que muitos dos seus problemas já foram resolvidos.

# O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA OS CURSOS DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

*Rui Loja Fernandes*

*(Departamento de Matemática - Instituto Superior Técnico)*

## *Introdução*

Gostaria de começar por agradecer o convite para falar nesta iniciativa, que me parece muito interessante. Quando comecei a reflectir sobre o que dizer sobre este tema, o que me ocorreu imediatamente foi as inúmeras discussões que frequentemente temos nos corredores entre colegas, quer no Departamento de Matemática, quer com colegas de outros departamentos. A verdade é que uma boa parte dessas discussões prendem-se com aspectos organizativos, e a minha intervenção vai pois focar mais os aspectos organizativos do ensino da Matemática.

Não vejo o problema da organização do ensino de forma isolada. Ele está certamente relacionado com os outros problemas que existem no ensino superior. De qualquer forma, em termos de organização da exposição, pareceu-me que havia quatro questões cujas respostas evidenciarão um pouco os problemas que temos: "Porquê ensinar Matemática?", "O que é que se deve ensinar?", "Como é que se deve ensinar?" e "Quem é que deve ensinar?". É claro que algumas, se não todas, destas questões já foram aqui abordadas noutras intervenções. Por exemplo, a resposta à primeira questão será mais ou menos pacífica, mas mesmo assim eu gostaria de a abordar, pois é com ela em mente que procurarei dar respostas às outras questões.

Gostaria de frisar que nesta intervenção vou focar sobretudo o ensino da Matemática às engenharias, deixando de fora o ensino às ciências exactas, como por exemplo a Física ou a Biologia, e concentrar-me mais no ensino de licenciatura, embora

gostasse, de passagem, de focar alguns aspectos do ensino de pós-graduação. Um outro aspecto importante, e que certamente condiciona as minhas respostas, é o modelo de escola que tenho em mente. Por oposição a uma escola grande, generalista, a escola a que pertenço, o Instituto Superior Técnico (IST), é uma escola tradicional de ciência e tecnologia, sendo esse o modelo que me é mais familiar e que irei discutir.

Termino esta introdução com uma citação que aprecio muito, e que além do mais provém de fonte insuspeita:

*Too few people recognize that the high technology so celebrated today is essentially a mathematical technology*

Edward E. David,

Presid. do Dep. de I&D da Exxon Corporation

De facto, parece-me que cada vez mais, o ensino da Ciência e Tecnologia, é um ensino com uma forte componente Matemática. Esquecer isso é sacrificar aspectos essenciais desse ensino!

### 1) *Porquê ensinar Matemática?*

#### UTILITÁRIO

- Ferramenta para obter informação quantitativa e qualitativa.
- Linguagem para troca de informação científica e técnica.
- Facilita a análise de fenómenos naturais, sistemas complexos, etc.
- Permite sistematizar e generalizar a partir de casos particulares.
- Permite construir modelos para recorrer ao computador.

#### FORMATIVO

- Treino mental para a formulação e resolução de problemas.
- Estimula a curiosidade e a imaginação na procura de soluções.
- Ensina como estruturar ideias e organizar o pensamento.
- Ajuda a criar confiança no raciocínio independente.
- Educa para adaptação ao futuro.

Existem pois duas componentes fundamentais no ensino da Matemática: a utilitária e a formativa. Uma vez há modelos de ensino em que se foca uma das componentes em detrimento da outra, e há até escolas com tradições quer numa quer noutra componente. Parece-me que tem de haver um equilíbrio perfeito entre estas duas componentes, pois perdem-se aspectos muito relevantes quando se aposta só numa delas. Por exemplo, a experiência mostra que os problemas com que um engenheiro se confronta logo após o

término do seu curso não são muito provavelmente os mesmos que enfrentará passados 10 anos. A tecnologia muda rapidamente e, portanto, um engenheiro deve obter uma formação que o ajude a colocar e a resolver problemas no sentido lato, não somente os problemas concretos com que se defronta no seu primeiro emprego. Assim, o treino dum engenheiro não pode contemplar apenas aspectos utilitários ou empíricos, deve ser sim uma formação para o futuro mais ou menos distante, mais ou menos incerto, no qual a Matemática tem um papel muito relevante.

Antes de passar às questões seguintes, pareceu-me interessante mostrar alguns indicadores de várias escolas de reconhecido prestígio. Mostrá-los em conjunto permitenos uma pequena comparação com o que se passa lá fora. Tendo passado alguns anos nos Estados Unidos, a minha forma de pensar é obviamente influenciada por essa experiência. As escolas que decidi escolher para efeitos desta apresentação são escolas com grande tradição em Ciência e Tecnologia: o California Institute of Technology (CalTech), o Imperial College (IC), o Massachusetts Institute of Technology (MIT) e a Stanford University.

	Nº de Alunos		Professores & Investigadores	Staff	Orçamento (10 <sup>3</sup> PTE)	Crd	Duração da Licenciatura	Nobel
	Licenciatura	Pós-Graduação						
CalTech	910	1,090	780	1,750	???	S	4 anos	26
IC	6,245	2,579	2,857	1,377	58,800,000	S	4 anos	18
MIT	4,381	5,499	1,432	6,418	213,500,000	S	4 anos	11
Stanford	6,639	7,445	1,534	5,881	252,000,000	S	4 anos	14
IST	8,255	990	815	615	10,360,000	S/N	5 anos	0

Tabela 1 - Indicadores sobre escolas congéneres (1998)

Gostaria de salientar que, com excepção de CalTech, todas estas escolas têm uma população estudantil semelhante, em ordem de grandeza, à do IST. A primeira observação é que no IST existe um desequilíbrio muito grande entre o número de estudantes de licenciatura e o número de estudantes de pós-graduação (e ainda esta semana foi aprovado um novo plano de expansão do IST que contempla mais três mil alunos de licenciatura!). Parece-me, que uma das grandes apostas para o futuro do IST deveria ser no ensino de pós-graduação, com uma progressiva diminuição no número de alunos de licenciatura.

Uma segunda observação, é a grande desproporção no número de professores e investigadores, no *staff*, e no orçamento do IST e das outras escolas. Não me parece que a menor riqueza do nosso país seja suficiente para o justificar. Penso que o IST é claramente subfinanciado, mas esta é uma questão que nos levaria muito para lá do âmbito deste debate (sobre o financiamento ver, por exemplo, a intervenção do Professor Vital Moreira).

Uma terceira observação é que todas estas escolas funcionam com sistemas à base de créditos. O IST, embora funcione com currículos fixos, oferece opções nos anos curriculares mais avançados e que, apesar de tudo, flexibilizam um pouco esses currículos. Por outro lado, em termos de duração das licenciaturas, seria talvez mais justo comparar uma licenciatura do IST a um programa integrado de licenciatura e mestrado, por exemplo um MSc em Engenharia, que também existem nestas escolas.

A última coluna da tabela (nº de prémios Nobel) é apenas uma pequena curiosidade...

## 2) O que se deve ensinar?

O ensino de Matemática à engenharia deve sempre incluir:

- Matérias Obrigatórias;
- Matérias Opcionais;

Para isso deve basear-se num sistema de créditos.

No próximo quadro apresenta-se uma quantificação dos créditos das cadeiras de Matemática para uma licenciatura típica em Engenharia Electrotécnica.

	Total de Créditos	Créd. em Matemática*	Créditos em Matemática por ano curricular				
			1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano
CalTech	486	11% (18%)	27	27	36	51	
IC	790	14% (13%)	55	55	40	60	
MIT	189	19% (13%)	12	24	12	12	
Stanford	180	13% (13%)	15	9	12	12	
IST	179	13% (0%)	12	12	-	-	-

\*Entre parênteses estão assinalados os créditos opcionais.

Tabela 2 - Créditos da Licenciatura em Engenharia Electrotécnica

Analisando o currículo destas licenciaturas constata-se que a componente obrigatória do currículo inclui pelo menos os seguintes tópicos:

- Cálculo (a 1 dimensão e a  $n$  dimensões)
- Álgebra Linear
- Análise Complexa
- EDO's e EDP's
- Transformadas Integrais
- Séries de Fourier
- Métodos Numéricos
- Probabilidades

A componente opcional do currículo, naturalmente, varia bastante e inclui, entre outros, o seguintes tópicos:

- Funções Especiais
- Análise Funcional
- Lógica Fuzzy
- Processos Estocásticos
- Sistemas Dinâmicos
- Cadeias de Markov
- Complexidade
- Completude
- Transf. Fourier Discretas
- Matemática Discreta

Ainda em relação ao currículo, gostava de mencionar que existe um estudo muito interessante da Sociedade Europeia para a Formação de Engenheiros, em que se propõe precisamente um currículo deste tipo, com uma parte obrigatória, o mínimo essencial, e que inclui as matérias que habitualmente se oferecem nas nossas escolas, mas que recomenda, muito fortemente, uma componente opcional. O sistema que nós temos em Portugal, por ser um sistema de currículo fixo, não permite a um aluno obter uma formação mais sólida em Matemática se assim o desejar. Isso parece-me ser uma lacuna grave no nosso sistema.

### 3) *Como é que se deve ensinar?*

Para mim, há três aspectos essenciais na forma de ensinar Matemática a engenheiros:

- Problemas: O ensino tem de se basear, em grande medida, na resolução de problemas. Este é um aspecto crucial: a Matemática aprende-se, em grande medida, resolvendo problemas. Não estou, claro, a falar de aprender a saber aplicar receitas, mas precisamente do contrário: um aluno depois de exposto a um conceito matemático novo, descobre o seu verdadeiro significado quando tem de resolver problemas que envolvem esse conceito.
- Ensinar com  $\epsilon$ - $\delta$ 's: O ensino da Matemática deve ser rigoroso, e não ceder a argumentos fáceis e incorrectos para, supostamente, facilitar a exposição. Os desafios postos pela discussão dos conceitos e pela dedução das suas consequências (as "demonstrações") são essenciais para um engenheiro poder transformar-se num verdadeiro "*problem solver*".
- Motivar com exemplos e aplicações: O ensino da Matemática a um engenheiro não pode descurar as aplicações a problemas de engenharia. Um ensino abstracto, e desprovido de conteúdo prático, tem pouca utilidade para um engenheiro e é desmotivador.

A estes três aspectos formais juntam-se três aspectos práticos importantes:

- Visualizar: é preciso saber ensinar recorrendo às novas ferramentas ao nosso dispor: vídeos, computadores, internet, manipuladores simbólicos, etc., para cativar os alunos e facilitar a aprendizagem.
- Integrar aulas teóricas/práticas/laboratórios: na aprendizagem da Matemática não existe uma divisão natural entre a discussão dos conceitos, a resolução de problemas e a experimentação no computador. A divisão das aulas em práticas, teóricas, e laboratórios, é artificial.
- Aumentar tempos de estudo: aprender e interiorizar os conceitos requer tempo de estudo individual...

Este aspectos práticos são obviamente condicionados pelas condições existentes nas nossas escolas. A este respeito, gostaria de mostrar mais um quadro com indicadores comparativos sobre estes mesmos aspectos:

	Rácios Alunos/Docente		Prof. Matemática	Carga Lect. Semanal	Duração do Ano Lectivo	Duração da Avaliação
	Global	Matemática				
CalTech	-	-	31 (12 %)	20 h	3*10 Sem	3*1 Sem
Imperial C	12.1	10.5	112 (9,7%)	18 h	2*11 Sem	<2 Sem
MIT	-	-	116 (8.1%)	23 h	2*13 Sem	2*1 Sem
Stanford	-	-	66 (9.5%)	22 h	3*10 Sem	3*1 Sem
IST	10.8	17.5	53 (5.9%)	27 h	2*15 Sem	2*8 Sem

Tabela 3 - Rácios e pesos das cadeiras de Matemática

Apenas dois comentários:

Os rácios: frequentemente, quando há discussões nos órgãos directivos das escolas sobre os rácios, argumenta-se que o rácio na Matemática deve ser mais elevado, porque sendo ensino de "papel e caneta", pode abarcar um maior número de alunos. Esse é também um dos grandes problemas na qualidade do ensino da Matemática. Para implementar os aspectos práticos que mencionei, para termos alunos melhor preparados, precisamos de ter turmas mais pequenas, precisamos de ter uma melhor relação professor/aluno, em vez de salas cheias e anfiteatros de trezentos alunos.

A carga lectiva: nas escolas estrangeiras, as cargas lectivas são mais baixas e os semestres são mais curtos. O período de exames é também incomparavelmente mais curto. É típico das universidade americanas as aulas começarem em Setembro e acabarem em Maio, com períodos de exames de uma semana no final de cada semestre. O resto do tempo é para os professores se prepararem melhor, para fazerem investigação, para melhorarem os laboratórios, para interagirem com a sociedade, e para os alunos descansarem e se divertirem...

Gostaria de fazer ainda uma pequena referência ao ensino de pós-graduação: Não existe nos programas de mestrado e doutoramento em Engenharia do IST uma única cadeira em Matemática (obrigatória ou opcional) leccionada pelo Departamento de Matemática. Isto não quer dizer que não exista preparação em Matemática, fornecida por professores de outros departamentos. No entanto, o que sucede nas escolas estrangeiras que mencionei, é os alunos de pós-graduação em Engenharia frequentarem cadeiras de pós-graduação em Matemática. Quem tenha estado no estrangeiro a frequentar programas de mestrado ou doutoramento têm essa experiência: certamente tiveram colegas em cursos de pós-graduação, das áreas de engenharia ou de outras ciências exactas.

4) *Quem é que deve ensinar Matemática?*

Penso que o que expus acima permite-me dar uma resposta concisa a esta questão: devem ensinar Matemática profissionais em Matemática, activos em investigação, com conhecimento das aplicações e integrados em bons departamentos de Matemática.

# O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA OS CURSOS DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

*João Teixeira de Freitas*

*(Departamento de Engenharia Civil - Instituto Superior Técnico)*

## *1. Justificações*

Presumo que estou aqui por ter feito um escrito intitulado ‘O ensino da Matemática no IST é mau e tem efeitos perversos na formação dos alunos’. Não mudei de opinião e não vou mudar de estilo, porque também aqui tenho a função de provocar reacções e iniciativas que considero serem urgentes.

Continuarei a referir-me apenas ao IST, porque não conheço bem o que se passa noutras faculdades, e vou focar só os aspectos negativos do nosso sistema. Ficará uma imagem parcial e injusta da realidade do IST e daqueles que a procuram melhorar.

## *2. Posição*

O meu diagnóstico é o seguinte: os nossos alunos sabem pouca Matemática, não gostam de Matemática e, pior que tudo, acreditam que grande parte da Matemática que lhes ensinamos é uma praxe, por ser irrelevante para o curso que escolheram. Quando falo em alunos, refiro-me ao aluno médio, pois o bom aluno supera qualquer sistema, por muitos defeitos que ele tenha.

Aceito a importância de todas as causas de insucesso já apontadas, sobre o ensino secundário, os alunos e os docentes, os rácios e a estrutura dos nossos cursos. Mas insisto que, no âmbito específico do IST, a principal causa desse insucesso são opções de ensino assumidas pelo Departamento de Matemática.

### *3. Sobre as licenciaturas de engenharia*

Relativamente às nossas licenciaturas, julgo que são consensuais no IST duas ideias básicas: as licenciaturas de qualidade são um factor vital de desenvolvimento num país como o nosso, em que o único recurso relevante é a sua própria população; as licenciaturas existem para servir o país através dos alunos e não para servir os docentes através das escolas.

Mas o reflexo prático deste consenso continua a ser insuficiente. No IST temos investido mais no lançamento de novas licenciaturas do que na melhoria das existentes. Há problemas de coordenação, de eficácia e, principalmente, de estimulação dos alunos e de valorização da actividade docente.

Os primeiros anos são áridos em conteúdo e desmotivadores na recompensa pelo trabalho posto. As Matemáticas deviam preceder as Físicas. É pouco eficaz o sistema de aulas teóricas e práticas. Há sobrecargas com trabalhos e relatórios e há programas sobre-dimensionados para os semestres que praticamos.

Não fica muito tempo para estudar, compreender, sedimentar e praticar. Tal poderá ter sido agravado com a iniciativa recente de encurtar os períodos e o número de provas de avaliação. É questionável se essa iniciativa terá servido para levar os alunos a tirar o máximo rendimento do período lectivo. É possível que não só se tenha perdido um período tradicional de estudo como se tenha agravado a tendência para se aprender apenas o essencial e procurar passar a qualquer custo.

### *4. Sobre o ensino secundário*

Relativamente ao ensino secundário, não questiono a quebra de qualidade e aceito que se valoriza mais ‘ter uma ideia das coisas’ do que aprendê-las, que é fraco na abstracção, e muitas vezes no rigor, e que a fobia à memorização atingiu extremos ridículos.

Mas os programas de Matemática não estão fundamentalmente errados, nem a grande maioria dos alunos universitários está inapelavelmente marcada por uma hipotética incompetência dos professores do secundário. É por isso que rejeito o argumento que o insucesso da Matemática nos cursos de engenharia do IST resulta exclusivamente da má preparação do secundário.

Se o IST quiser assumir este argumento deve ter a coerência de subir a nota mínima para 14 ou 15, e ficar sem alunos, ou instituir um semestre preparatório. Pergunto: se não fossem os rácios, manteríamos a hipocrisia de dizer aos alunos que venham para o IST, porque têm a formação necessária, e de dizer depois aos nossos colegas que os continuem a chumbar, porque a maioria não está ao nosso nível?

### *5. Sobre os alunos*

Não compreendo como é que os alunos do IST, que continuam a estar entre os melhores candidatos aos cursos de engenharia, não questionam abertamente esta contradição. Julgar-se-ia que atribuem só a si, e não também ao sistema, os fracassos e as desilusões que vão experimentando. E é péssimo que muitos deles acabem por pôr em causa, muito cedo e pelas razões erradas, tanto as suas capacidades como as próprias vocações.

Digo, sem demagogia, que é preciso insubordinar os nossos alunos, quebrar tanta passividade e insegurança. Para alcançar e manter bons níveis de ensino, os nossos alunos têm de assumir uma cultura de exigência e defesa permanente dos seus direitos.

É bom que os alunos entendam que não estão no IST por favor, mas sim por direito. E que têm direito a docentes e material de estudo de qualidade, a boas condições e relações de trabalho, a programas exequíveis e ajustados aos objectivos dos cursos que frequentam e a avaliações selectivas mas coerentes com o ensino praticado.

### *6. Sobre os docentes*

Relativamente aos docentes, julgo que não é injusto dizer que continuamos a prestar mais atenção à investigação do que ao ensino. Foi preciso incentivar a investigação mas, face ao nível que já atingimos, é um erro o IST não valorizar muito mais a actividade docente nas avaliações para a progressão na carreira.

É urgente transferir para o Conselho Pedagógico e para os coordenadores de licenciatura a capacidade e a responsabilidade de coligir, processar e facultar a informação necessária ao suporte dessa avaliação.

Ao nível do ensino, continua a ser fraco o contacto entre os docentes das matemáticas e das engenharias. Os nossos colegas não mostram grande abertura às

análises, às sugestões e às críticas que fazemos e revelam uma relutância enorme em questionar fora de portas os juízos que formaram e as opções que tomaram.

Mas é também verdade que a generalidade dos docentes das disciplinas de especialidade contribuem cada vez mais para a desvalorização da Matemática na engenharia. Em reacção à postura dos alunos, fazemos cada vez menos apelo à Matemática nas disciplinas que ensinamos.

### *7. Sobre as opções de fundo do Departamento de Matemática*

Muito do que critico resulta de duas opções de fundo que julgo ser lícito extrair da actuação do Departamento de Matemática ou, pelo menos, da sua representação institucional: o ensino da Matemática pela Matemática e um certo elitismo, tanto da grande escola como da própria Matemática. São opções votadas ao fracasso, se se mantiverem as políticas do IST.

O ensino da Matemática pela Matemática num curso de engenharia tem méritos inegáveis, mas só é praticável em licenciaturas não profissionalizantes, assumidamente dirigidas a uma elite, com preparatórios muito fortes em Matemática e Física e uma especialidade necessariamente generalista no âmbito da engenharia em causa.

Mas a política do país, que o IST não contesta e até se orgulha de influenciar, tem evoluído exactamente no sentido inverso. As licenciaturas foram compactadas, diversificadas, verticalizadas e profissionalizadas. Discute-se agora a reclassificação ou a equiparação das licenciaturas aos mestrados. Não é possível ensinar a Matemática pela Matemática neste contexto, principalmente se a eficácia for tão baixa como é no nosso caso.

Uma das justificações frequentes da opção seguida no ensino da Matemática no IST é a que se está a servir uma escola de elite. Mas as pessoas que querem fazer passar a ideia que o IST é ‘a escola dos melhores para os melhores’ são as mesmas que querem garantir também as vantagens imediatas do ensino de massas.

É outra contradição incontornável. Como pode ser de elite uma escola que admite milhar e meio de alunos todos os anos, recrutados numa área de influência com pouco mais de um terço de um país com uma população que não chega ao dez milhões?

A segunda forma de falso elitismo é mais grave porque a sociedade já a assumiu. É o mito que a Matemática só está ao alcance de uns tantos. É evidente que só uns poucos

têm a capacidade para se tornarem bons matemáticos. Mas o mesmo se passa em todas os outros ramos de actividade, científica, técnica, artística, desportiva ou outra.

O que também devia ser evidente é que cada um deve ter a capacidade de ser um bom conhecedor e utilizador de Matemática ao nível exigido pela profissão que escolheu. E é isso que eu defendo que está perfeitamente ao alcance da esmagadora maioria dos alunos do IST. E é nisso que falhamos redondamente.

#### *8. Sobre as mudanças no ensino da Matemática*

Evidentemente que nem tudo está mal no ensino da Matemática no IST, e o que está mal tem sempre exemplo também nas disciplinas de especialidade. Mas o que está mal na Matemática está mais exposto e é mais vulnerável porque tem consequências mais profundas nos cursos de engenharia.

Não questiono globalmente os programas das disciplinas de Matemática e, muito menos, a competência dos que as ensinam. O que questiono é a enorme resistência à correcção do que está obviamente errado, designadamente a maneira como são ensinados alguns desses programas.

É ou não quase sempre verdade que o que parece ser muito complicado ou está errado ou está mal explicado? E se analisarmos os programas verificamos que as matérias não são particularmente difíceis. O que os textos mostram é que os conteúdos são tornados complicados por uma preocupação com o rigor da forma e com o conceito integrador que é excessiva, tanto em termos de conteúdo como de objectivos pedagógicos.

Acho que, em muitos casos, se ensina começando pelo fim. Chapa-se a muito cómoda síntese formal. Não se apresentam os conceitos de um modo acessível e suportado fisicamente. Não se enriquece gradualmente o formalismo e a síntese. Cultiva-se uma aridez extrema e, por regra, omite-se qualquer relação com a engenharia. Adopta-se uma linguagem mais hermética e mais distante das engenharias da que conheço nos matemáticos de raiz que com elas têm contacto.

Não me parece que esta maneira de ensinar tenha servido para defender o valor formativo da Matemática, o rigor, a abstracção e a síntese. E contribuiu, também, para institucionalizar um tipo de estudo que se diz ser iniciado no secundário.

É um facto que a maioria dos alunos não estuda pelos textos recomendados em algumas das disciplinas. Usa livros de exercícios com resumos das definições básicas, que

não são explicadas. Usa colecções de exames com soluções passo a passo, que não são justificados. A marca que fica é a valorização do ‘saber como se faz’ em detrimento do ‘compreender porque se faz’, isto é, a negação da essência de uma licenciatura.

Finalmente, aponto a insistência num desajustamento entre objectivos e instrumentos tão óbvio que me deixa perplexo. Que lógica tem assumir um grau de exigência elevado, optar por ensinar Matemática da maneira mais difícil e arriscada numa escola de massas e depois entregar a monitores o ensino das disciplinas pedagogicamente mais complicadas de um curso de engenharia?

Teria sido possível ao Departamento de Matemática recorrer a docentes de engenharia da sua confiança, com uma capacidade que nenhum monitor pode ainda ter, a de transmitir a força da aplicação da Matemática na modelação e na resolução de problemas de engenharia.

Não duvido que tal política contribuiu, e em muito, para afastar alunos de uma Matemática mistificada, que não sabem nem onde nem como a vão utilizar.

#### *9. Adenda*

A leitura, quase na íntegra, do texto acima na sessão sobre "O ensino da Matemática para os cursos de Ciência e de Engenharia" do encontro promovido pelo CIM suscitou diferentes reacções entre os participantes afectos a outras escolas.

Muitos, se não quase todos, consideraram que o debate resvalou para a discussão de problemas internos do IST. É verdade, e para isso muito contribuiu a forma e o âmbito que escolhi para a minha intervenção, que logo no início justifiquei e assumi.

No entanto, essa opção teve duas consequências positivas, que se teriam perdido se, por solicitação de colegas doutras escolas, durante e após o referido debate, não tivesse tido a oportunidade de apresentar alguns exemplos para sustentar as críticas que fiz na minha intervenção, designadamente os seguintes:

- Como se pode justificar a insistência no programa praticado em Equações Diferenciais, desde o início até à extinção recente desta disciplina? Como se pôde persistir, durante anos, na originalidade de ensinar equações diferenciais antes dos alunos aprenderem a primitivar em Análise Matemática II, que corria em paralelo? É de alguma maneira defensável que, em vez de suprir uma tal incongruência programática, se tenha optado por reduzir o ensino das equações diferenciais a um problema de Álgebra Linear,

seleccionando para capítulo de introdução a solução de sistemas de equações diferenciais? E, em compasso de espera pela primitivação, levar esse estudo a pormenores (exponencial de matriz, retratos de fase e estabilidade) cuja importância real na prática da engenharia é omitida e em relação aos quais os alunos não podem ainda estar minimamente sensíveis? E, depois de desperdiçar meio semestre no que não deveria merecer mais de duas semanas, ficar com meia dúzia de semanas para ensinar o essencial de um programa clássico de Equações Diferenciais?

- Num curso de engenharia, haverá alguma justificação, pedagógica ou funcional, para se incluir o integral de Lebesgue no programa de Análise Matemática III? E ensinar o integral de linha e de superfície recorrendo ao conceito de variedade? Para os alunos ficarem com uma fórmula cujo muito simples significado físico não apreendem? E, em consequência de tudo isso, sobrar muito pouco tempo para ensinar os teoremas da divergência, de Stokes e de Green?
- Será mesmo necessária a repetição de matérias em algumas disciplinas, em particular em Análise Matemática I e II? Quando se luta contra o tempo e a impreparação, fará sentido procurar ser exaustivo nos programas, como a extensão a espaços com dimensão infinita em Álgebra Linear, um entre vários exemplos possíveis? Será eficaz uma abordagem formalista no ensino da Matemática quando se suprimem suportes e ilustrações físicas, tal como se verifica na generalidade das disciplinas? Não se justificaria ser menos ambicioso em forma e em conteúdo dos programas e ensinar melhor o que é essencial?

A reacção à apresentação destes exemplos mostrou como é fácil cair no mesmo erro em que eu e muitos colegas meus incorremos durante tantos anos: o de julgar o ensino apenas pelo corpo docente e pelos resumos dos programas das disciplinas, sem olhar para os textos recomendados, para os apontamentos dos alunos e para as provas de avaliação.

Confirmou, também, a legitimidade da crítica que já antes assumira no âmbito restrito do IST. Não se resolve o insucesso no ensino da Matemática na universidade insistindo apenas no suprimento das insuficiências do ensino secundário e das limitações funcionais do ensino universitário. Para que os alunos de engenharia valorizem, gostem e aprendam a Matemática de que necessitam é necessário, também, repensar os objectivos e o modo de ensino da Matemática. Tal poderá não ser justificável na generalidade dos

cursos de engenharia, cuja situação desconheço, mas é certamente urgente e necessário, e em parte muito substantiva, no que toca ao IST.

## O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA OS CURSOS DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

*Luís Sanchez*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Lisboa)*

Eu penso que não vou conseguir dizer muita coisa original sobre este tema; muito provavelmente vou repetir algumas coisas que já foram ditas e falarei essencialmente da minha experiência e das reflexões que essa experiência me permitiu no campo do ensino de disciplinas de Matemática para Engenharia e para Física.

Ensinei Matemática para os preparatórios de Engenharia no tempo em que eles ainda existiam na Faculdade de Ciências no início da minha carreira académica, e já há uns bons anos também que ensino disciplinas de Cálculo para Física.

Ora bem, dado como facto assente que o ensino da Matemática nestas especialidades é absolutamente necessário - isto é um facto incontroverso, dado que a própria linguagem em que a Física e grande parte dos modelos de Engenharia se exprimem é matemática -- eu iria concentrar-me fundamentalmente na seguinte questão: será que o currículo das disciplinas básicas de Matemática para Engenharias ou Física, deve ser o mesmo que o currículo para as licenciaturas em Matemática? Se não, porquê? Na minha opinião não deve ser o mesmo. As razões são óbvias: o candidato a físico ou engenheiro precisa de contactar bastante cedo, por força das necessidades de outras disciplinas da sua especialidade, com instrumentos e técnicas matemáticas bastante sofisticadas. No caso da Física, por exemplo, é do conhecimento de todos com certeza, que já no primeiro semestre do segundo ano os alunos precisam de ter uma ideia bastante clara, ou suficientemente clara, dos teoremas fundamentais da análise vectorial, (Green, Gauss, Stokes), que

aparecem em questões do Electromagnetismo e outras. Isto põe, evidentemente, o problema de como chegar a ensinar a tempo essas matérias? Quanto a uma solução positiva deste problema, não tenho grandes certezas e tenho até a suspeita de que o problema pode não ter solução. Não tendo uma solução óptima, haverá soluções menos más, e daí resulta que necessariamente os conteúdos das disciplinas introdutórias de Matemática para Física ou Engenharia, devem ir mais longe, relativamente ao mesmo período de tempo, do que os conteúdos das disciplinas contemporâneas das licenciaturas em Matemática; irão mais longe certamente com menos profundidade. Isso é um corolário imediato desta escolha. Portanto, haverá necessidade de aumentar o número de tópicos que são abordados com uma perda inevitável do rigor formal na abordagem. No entanto, penso que é possível fazer isso de modo a que o conteúdo e o espírito das disciplinas tenham ainda um ponto de vista matemático muito nítido. Quero dizer que apesar de não haver soluções óptimas, é possível ensinar a Matemática para estes cursos mantendo um certo equilíbrio entre a necessidade de um conteúdo vasto e uma estruturação matemática formal muito satisfatória.

Quem deve ensinar esta Matemática?

Aqui estou de acordo com a intervenção do Rui Loja Fernandes. A Matemática deve ser ensinada por profissionais de Matemática, que apesar de tudo, têm que estar alerta para as aplicações do ramo a que se referem os cursos onde estão inscritos os alunos que eles estão a ensinar. Devem realçar os aspectos de técnica algorítmica quando isso se justificar. Devem destacar exactamente os aspectos das teorias matemáticas que mais úteis são nas aplicações de que os alunos vêm a necessitar. E uma das razões da necessidade, que me parece evidente, de esta leccionação ser feita por profissionais de Matemática é que não se pode esperar, como já foi dito aqui noutras intervenções, que nas disciplinas de licenciatura os alunos vão aprender toda a matemática de que necessitam, mas o facto de a matemática lhes ser ensinada do ponto de vista de um matemático facilitar-lhes-á a procura de soluções para problemas que lhes surjam em fases mais avançadas. Eles vão necessariamente surgir, porque, como sabemos, é impossível, mesmo aumentando escolaridades e mesmo imaginando que o docente não falta nenhum dia do semestre, cobrir na pequena duração dos cursos introdutórios de Matemática, todas as teorias, todos os algoritmos de que os estudantes vão necessitar mais tarde.

Parece-me, pois, bastante importante que, apesar de se dever ter muita atenção a quais são os alunos que estamos a ensinar, aquilo que é ensinado acabe por ter o aspecto de um edifício matemático bastante sólido, e eu penso que esse é um compromisso que a prática permite resolver de uma maneira mais ou menos aceitável, ou seja, os alunos devem ficar dotados de uma boa capacidade de intervenção quando se trata de usar as ferramentas matemáticas, mas ao mesmo tempo, não lhes devemos negar no ensino das disciplinas básicas de matemática aquilo que realmente distingue a Matemática das outras ciências, que se consubstancia em abstracção, estruturação lógica e critérios de rigor sem paralelo noutros domínios científicos.

Ora bem, partindo do princípio de que não é possível “dar” tudo aquilo de que os estudantes necessitam, que fazer? Como resolver este problema da melhor maneira possível?

Admitindo que ficamos satisfeitos com soluções que não são as soluções óptimas, talvez se possam enumerar alguns aspectos em que é possível um aproveitamento melhor do tempo e um aproveitamento melhor de recursos que existem actualmente e que não existiam há alguns anos atrás. No que diz respeito ao aproveitamento do tempo, e pensando sempre na formação básica, portanto em cadeiras introdutórias de Matemática, avanço que, das três vertentes em que a Matemática habitualmente se divide a este nível, que são a Álgebra linear, o Cálculo e as Probabilidades e Estatística, eu inclinar-me-ia a integrar as duas primeiras; quero dizer que a Álgebra Linear e o Cálculo poderiam eventualmente vir a ser objecto de uma disciplina integrada, com uma escolaridade maior necessariamente, e que permitia aproveitar melhor o recurso precioso que é o tempo no ensino da Matemática para outras especialidades. Isto porque (certamente quem já realizou este tipo de ensino tem experiência do facto), o Cálculo e a Álgebra estão de tal maneira imbricados que é impossível ensinar aquele sem recorrer sistematicamente a esta, e muitas vezes é-se forçado a repetições por não se terem optimizado os objectivos da aprendizagem dos dois tipos de matéria. No limite, digamos, esta ideia poderia levar até uma disciplina integrada com um nome comum e com uma escolaridade maior.

Uma outra questão que não é específica desta discussão, mas provavelmente tem a ver com problemas do ensino universitário em todas as licenciaturas, é a de saber se não estaremos a desperdiçar tempo no actual modelo das aulas teórico/práticas. É da experiência de muitos docentes que o que se faz em grande parte dos casos (e isso é

especialmente visível nas disciplinas dos primeiros anos), é que o professor vai para a aula teórico/prática fazer exercícios no quadro e o aluno vai copiá-los. Este modelo provavelmente está esgotado e corresponde a uma perda de tempo. Ainda outra questão importante é a da utilização de novas tecnologias (muito em voga até a respeito da reformulação dos programas de matemática em níveis não universitários). Penso que é desejável, efectivamente, que o ensino das disciplinas de Matemática (não particularmente para estes cursos, embora neste caso isso até se justifique talvez mais) tire o maior partido possível das tecnologias existentes. Actualmente dispomos de instrumentos de cálculo, não só numérico e gráfico mas também algébrico e simbólico, e já não se justifica, como há vinte anos, que se gastem horas e horas a ensinar (para mencionar um exemplo muito familiar em matérias do primeiro ano) todas as técnicas de primitivação.

Hoje em dia, qualquer software razoável nos dá, carregando numa tecla, o resultado de uma primitivação relativamente complicada. É claro que continua a ser necessário ter uma ideia muito clara do que é uma primitiva e de algumas regras formais da primitivação; o que se diz para este exemplo é válido para outros. O uso das novas tecnologias permitirá com certeza poupança de tempo e diversificação do número de tópicos tratados, e provavelmente um maior aprofundamento teórico de alguns dos tópicos. Um pouco de reflexão permite concluir que há uma grande quantidade dos problemas que hoje se passam nos exames das nossas disciplinas universitárias que podem ser resolvidos por computador. Penso que por isso não podemos deixar de nos interrogar com incomodidade: afinal, de que competências estamos a tentar dotar os estudantes? Das que lhes permitem chegar a resultados que também se podem obter premindo uma tecla? É claro que há uma resposta a esta questão que não é agradável: é que talvez nós estructuremos os exames dessa maneira porque se os dirigíssemos à avaliação de capacidades que requerem mais amadurecimento e elaboração, os resultados seriam piores. Provavelmente somos levados a ser um pouco conservadores para conviver em termos aceitáveis com o espectro do insucesso.

Como última observação direi que me parece não haver soluções universais para os problemas que mencionei. Cada solução particular na realidade concreta do ensino depende largamente da qualidade dos estudantes - e isso é certamente também consensual para quem tem experiência docente.

## O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA OS CURSOS DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

*Carlos Mota Soares*

*(Departamento de Engenharia Mecânica - Instituto Superior Técnico)*

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer o convite e talvez explicar porque fui convidado. Conheci o Eng.º Luís Trabucho de Campos há cerca de 20 anos, e vi que, de facto, tinha um grande potencial de matemático. Entreguei-lhe um livro chamado “A Matemática dos Elementos Finitos”, o qual deve ter tido alguma influência na sua vida académica. Hoje é Professor Catedrático de Matemática na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. A propósito gostaria de salientar que deve ser das últimas pessoas (no passado terá havido outros) que fizeram a Agregação em Matemática e em Engenharia. Portanto tem uma experiência efectiva que nos pode ser muito útil no tema que estamos a discutir hoje. A outra razão que talvez justifique este convite é, há cerca de dez anos, ter tido alunos que usando o Programa Maple resolveram a maior parte dos exames de disciplinas de Matemática do I.S.T.

Passarei, agora à minha intervenção.

As licenciaturas em Engenharia têm sofrido nos últimos anos um processo de avaliação, direi mesmo de avaliação contínua. Por exemplo, a licenciatura em Engenharia Mecânica do meu departamento já foi avaliada a nível europeu, a nível da Ordem dos Engenheiros e a nível da Fundação das Universidades Portuguesas. E há conclusões; julgo que praticamente todas as engenharias já foram avaliadas e, também, deve haver conclusões. Com referência ao ensino da Matemática em Engenharia Mecânica, são três as conclusões principais:

1ª Falta de motivação dos alunos nos primeiros anos do curso (está contabilizado, há inquéritos...);

2ª Críticas ao ensino da Matemática por ser um ensino do tipo intensivo, um curso de curta duração, isto é, sete disciplinas dadas em dois anos, o que significa praticamente duas disciplinas de Matemática por semestre;

3ª No ensino da Matemática não haver aplicações em Engenharia.

Hoje, quase todos concluimos isso. Embora, que eu saiba, ainda nenhuma Universidade tenha tomado medidas, ainda ninguém tenha feito uma análise profunda sobre o que se está a passar e nenhuma medida tenha sido implementada para alterar a situação.

No modelo nacional de Licenciatura em Engenharia, o ensino da Matemática está concentrado no primeiro e segundo ano, sendo 35% de toda a carga horária dos alunos nesses anos, o que corresponde a sete ou oito disciplinas. A partir daí, é praticamente inexistente o ensino da Matemática em Engenharia.

Coloco a seguinte questão: Será este modelo correcto? Será correcto ensinar Matemática segundo um modelo do tipo intensivo? Não haverá outro mais adequado?

Penso que esse modelo existe em todas as Universidades portuguesas, surpreendentemente até nas recentes que copiaram o modelo das antigas, possivelmente por razões históricas.

No passado, há vinte, trinta anos, existiam somente duas Faculdades de Engenharia e, pelo menos, quatro Faculdade de Ciências. Havia quase razões numéricas para o ensino ser assim. Nessa altura, em muitos casos, o primeiro e o segundo ano eram feitos numa Faculdade de Ciências. O terceiro, quarto, quinto e sexto ano, feitos numa Faculdade de Engenharia. Portanto, o sistema tinha, no meu ponto de vista, lógica.

A realidade portuguesa é muito diferente neste momento. Praticamente todas as Universidades têm cursos de Engenharia em Faculdades de Engenharia ou Faculdades de Ciência e Tecnologia. Muito raramente um aluno muda de Faculdade ou mesmo de Universidade. Contudo o modelo continua exactamente o mesmo, não foi alterado: toda a matemática concentrada no primeiro e segundo ano.

Julgo que o grande mal deste modelo concentrado ou compacto é não permitir fazer aplicações. Como é que vamos fazer aplicações da Matemática, por exemplo, em Engenharia Mecânica, se o aluno ainda nunca teve Mecânica dos Sólidos nem Mecânica

dos Fluidos? Como é que se pode aplicar a equação de Laplace ao problema de torção ou a problemas da Mecânica dos Fluidos? Não se pode, porque o estudante ainda não teve as correspondentes matérias.

Faço a pergunta: não seria mais adequado leccionar disciplinas de matemática durante quatro anos? Não seria muito melhor para os alunos que a Matemática, que corresponde a 15% dos créditos lectivos de uma Licenciatura em Engenharia, fosse leccionada ao longo de quatro anos? Obviamente, as disciplinas teriam que ser muito diferentes das disciplinas actuais, porque seriam mais horizontais e integradoras e propiciariam as aplicações.

Também não seria possível planear o programa das disciplinas de Matemática em harmonia com os programas das disciplinas de Engenharia? Considero muito mais adequado ensinar transformadas de Fourier ou de Laplace, variáveis complexas, cálculo variacional quando o aluno necessita e com aplicações em vibrações, elasticidade e mecânica de fluidos.

Para que serve, por exemplo, ensinar funções de Bessel, e a sua instabilidade, se o aluno nunca as vai aplicar? Só se justifica esta matéria se for aplicada à análise de vibrações de placas circulares.

Talvez se optássemos por um modelo diferente, um modelo em que o ensino da Matemática fosse mais distribuído, pudéssemos resolver vários problemas. Não sei se iríamos criar outros. Acredito que haja algumas dificuldades, mas posso garantir que eu, como aluno, estudei Matemática em todos os anos da licenciatura, do mestrado e do doutoramento.

Em conclusão, acho que esta compactação da Matemática é altamente negativa, prejudicando muito o seu ensino em Engenharia. Posso estar errado, mas pertence aos Matemáticos argumentar o contrário.

Obrigado.

## **O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA OS CURSOS DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA**

*Joana Ehrhardt Soares*

*(Departamento de Matemática - Universidade do Minho)*

Gostaria de começar por agradecer o convite que me foi feito e que muito me honra. É com enorme gosto que aqui estou, no meio de um painel tão ilustre. Espero que o meu convite não tenha obedecido apenas a um critério das famosas “cotas”... De facto, este tema “O ensino da Matemática para os cursos de Ciências e Engenharia” é um tema que me diz muito, embora eu creia que estivesse muito melhor desse lado, porque tenho muito mais dúvidas, muito mais incertezas, provavelmente até mesmo angústias, do que certezas. Mas, enfim, como fui convidada, e penso que não podemos estar todos desse lado, decidi aceitar este desafio para partilhar convosco alguma da minha experiência e das minhas angústias, também. A experiência que eu tenho é apenas da Universidade do Minho, o conhecimento que eu tenho e o que vou dizer refere-se àquilo que eu conheço do ensino da Matemática para a Engenharia, para a Física e para os cursos de Química da Universidade do Minho. No entanto, pelo que tenho falado com outros colegas, penso que alguns dos problemas são idênticos noutros sítios.

Também gostaria de referir que algumas das coisas que vou dizer se referem, em particular, a um documento que eu li, feito na Universidade do Minho. Há uma taxa muito grande de insucesso nas disciplinas de Matemática, como em todo o lado, e na Análise Matemática, em particular. Na Análise Matemática I os números são, de facto, assustadores. A Universidade do Minho está partida em dois pólos, e o pólo de Azurém

onde está sediada a maioria dos cursos de Engenharia, decidi fazer um estudo aprofundado sobre as causas do insucesso na disciplina de Análise Matemática, e apontar algumas sugestões. Acho que esse estudo foi muito interessante e profundo. Foram ouvidos os alunos, os docentes das aulas teórico/práticas, os docentes de teóricas e foram tiradas algumas conclusões. É sobretudo curioso, fazendo-nos reflectir, aquilo que os alunos dizem quando respondem abertamente. A ideia que eles têm de se a Matemática lhes serviu para alguma coisa, para que é que lhes serviu, para que serviram as aulas teóricas .... acho que tudo isso nos deve fazer pensar. Um primeiro tema de que eu iria falar um bocadinho, é sobre o insucesso, e algumas das coisas, ou mesmo muitas das coisas que tinha para dizer, já foram ditas aqui. A primeira coisa que eu gostava de focar é a seguinte: uma vez que as disciplinas de Matemática fazem parte da formação básica de qualquer curso de Ciências ou de Engenharia, essas disciplinas estão sempre, e quase exclusivamente concentradas nos dois primeiros anos desses cursos, como ainda agora vimos, naquilo que eu acho que se pode e deve considerar como uma fase de adaptação dos estudantes às novas exigências e aos métodos do ensino universitário.

Na Universidade do Minho, a cadeira de Complementos de Análise, que eu costumo dizer aos meus alunos que é, certamente, das mais simples que eles vão ter no curso, é a cadeira de formatura de muitos daqueles alunos, e portanto, há qualquer coisa que está mal. É muito estranho pensar que um aluno consegue fazer as restantes disciplinas do curso e tem enorme dificuldade em fazer uma disciplina semestral de Complementos de Análise, onde são dadas Equações Diferenciais e séries de Fourier...

Nas cadeiras de primeiro ano há que ter um extremo cuidado e perceber que os alunos estão numa fase de adaptação ao ensino universitário. Creio que apenas uma pequena parte dos alunos tem consciência de que os métodos de ensino, o ritmo de ensino, a maneira como se estuda na Universidade, é completamente diferente daquilo a que ele vem habituado. Isto está muito patente na maneira como os alunos responderam aos referidos inquéritos. Portanto, é preciso tornar claro perante o aluno, desde o início, que os papéis do aluno e do professor no ensino universitário são muito diferentes daqueles que ele conhece. É preciso dizer-lhe que se lhe pede um estudo mais autónomo, mais independente, e que ele não pode esperar que o docente o acompanhe e sinta em cada instante as suas dificuldades. O que acontece é que o aluno provavelmente só se apercebe disso, quando depois de ter passado o ano com a sua forma, a meu ver, errada de estudar,

vai fazer o exame e vai reprovar. Normalmente só se apercebe que a forma de estudar não foi a melhor, quando chega altura do exame e “chumba”. Portanto, é às disciplinas de Matemática que constituem, normalmente, o núcleo forte do primeiro ano destes cursos de Engenharia e Ciências, que vai caber o papel ingrato de serem as primeiras onde os alunos se confrontam com métodos diferentes, e onde geralmente, é também feita uma primeira selecção dos alunos, que não foi feita adequadamente até à entrada na Universidade. Isto pode explicar, parcialmente, as taxas de insucesso que têm as disciplinas de Matemática. É o facto de serem disciplinas do primeiro ano, ao qual os alunos chegam cada vez mais, como todos nós sabemos, habituados a ter o explicador que os ajuda e sem nenhum hábito de trabalho autónomo, que explica, a meu ver, muito do insucesso nas disciplinas de Matemática. O que acontece depois é que quando um aluno tem muita dificuldade ou não consegue fazer as disciplinas de Análise ou Álgebra Linear do primeiro ano, fica convencido de que a matemática é, de facto, difícil e “deixa” de lado essas disciplinas para o fim do curso. No entanto, acho que isto não chega para explicar tudo. Há outros factores que contribuem para as taxas tão elevadas de insucesso nestas disciplinas. Uma das razões que eu acho que contribui muito para o insucesso é que, sendo estas disciplinas de formação básica, e portanto, havendo a ideia, e que é correcta, de que a Matemática que se ensina para a Química, para a Física, para a Engenharia Civil, Electrotécnica é essencialmente a mesma, estes cursos são leccionados em conjunto. O que acontece é que vamos ensinar cursos muito grandes, com aulas teóricas dadas em mega-anfiteatros. No caso da Universidade do Minho, disciplinas com mil e quinhentos alunos são distribuídas por **duas** turmas teóricas. Eles nem sequer cabem nos anfiteatros... mas, também, já sabemos que não vale a pena fazer as contas para mais, porque nas primeiras aulas vão, depois, passadas três semanas já não vão, os repetentes também não vão, portanto tudo acaba por se encaixar... Isto é grave nas aulas teóricas, mas é muito mais grave, e está cada vez mais a acontecer, nas aulas teórico/práticas. Nós começamos a ter hoje em dia aulas teórico/práticas com setenta, oitenta, noventa alunos, sempre com a mesma filosofia de que nas primeiras aulas irão noventa, a meio irão cinquenta, depois quarenta e cinco... Facilmente se entende que com turmas teórico/práticas de setenta alunos não se pode arranjar outro modelo que não seja o de ir para o quadro explicar os exercícios, resolvê-los da melhor forma, chamando a atenção deste ou daquele pormenor, etc. Nós saímos relativamente satisfeitos, pensamos que a aula até correu bem... alguns alunos até

gostaram da aula, o professor até explicou bem os exercícios... mas o que é certo é que os alunos não são habituados a resolver exercícios sozinhos. Depois fazem uma revisão dos problemas que já viram resolvidos, sentem que estão razoavelmente preparados... e a primeira vez que são confrontados com a necessidade de resolver exercícios pensando, desde o início, por si sós, é no exame. Logo, muitos vão “chumbar”.

Outra consequência que tem esta política dos grandes cursos (isto é uma espécie de bola de neve) é que a leccionação destas disciplinas começa a ser uma tarefa árdua, penosa, muito pouco compensadora. Como, pelo menos na minha casa é assim, e provavelmente em muitos sítios, quem escolhe primeiro são os mais “velhos” (o que é natural), estas disciplinas são entregues aos mais novos, argumentando geralmente que para dar uma Análise Matemática à engenharia, a formação científica destes novos docentes é suficiente. Se isto é verdade do ponto de vista estritamente científico, penso que não está em causa, já não é geralmente verdade do ponto de vista pedagógico. Eu penso que um professor mais velho, que já tenha uma experiência acumulada de contacto com as dificuldades dos alunos, vai certamente ser um melhor professor do que um professor muito novo. É nos primeiros anos que nós temos que nos convencer a pôr os professores aos quais sejam reconhecidas especiais capacidades pedagógicas. Nós todos tivemos no curso professores muito bons, uns muito bons cientificamente, mas outros que eram, de facto, muito bons pedagogicamente, e acho que há que fazer uma selecção criteriosa dos docentes que dão aulas ao 1º ano. Mesmo a nível das aulas teórico/práticas acontece muitas vezes que os assistentes estagiários acabados de contratar ou, às vezes, os monitores, são sempre, sempre, empurrados para a Álgebra Linear das Engenharias ou para a Análise Matemática das Engenharias, da Física ou Química, e isso tem inevitavelmente que se repercutir, acaba sempre por se notar, penso eu. É preciso de alguma maneira convencermo-nos que este é um problema que a todos diz respeito. Temos que fazer alguma coisa para mudar a forma de ensinar estes alunos, temos que os motivar mais. Isto passará também por termos mais cuidado na escolha dos docentes para dar estas disciplinas.

Agora, Matemática para a Engenharia versus Matemática para a Matemática... As disciplinas de Matemática dos cursos de Ciências e Engenharia, têm, como é evidente, o objectivo fundamental de fornecer as ferramentas indispensáveis às demais disciplinas do curso; no entanto, como já foi salientado, pelas características próprias da Matemática, estas disciplinas podem e **devem** ter um carácter formativo importante, contribuindo para o

desenvolvimento do espírito lógico, de rigor e para aumentar a capacidade de abstracção do aluno. O que eu penso que às vezes acontece é haver uma grande diferença entre o que é ensinado nas aulas teóricas e o que se exige nos exames, dando, ao aluno, a falsa ideia de que estas aulas são inúteis. Os alunos, nesse documento de que eu falei, em todos os cursos, na pergunta «as aulas teóricas foram-lhe precisas, ou foram-lhe úteis?» e «de que forma é que as aulas teóricas intervieram no seu estudo para os exames?», sistematicamente responderam «não têm o mínimo interesse», «não serviram para eu me preparar para o exame». Penso que isto é grave. É preferível dar menos matéria, não ser muito formal, não ser demasiado ambicioso na abordagem, e fazer exames que reflectam de uma forma clara aquilo que se ensinou nas aulas teóricas, do que fazer uns cursos muito difíceis, muito teóricos, e depois os exames serem apenas resolução de exercícios que o aluno vai tentar aprender a resolver por receitas, ficando convicto de que, de facto, a parte teórica da Matemática não lhes faz falta para nada. No fim, muitas vezes, ele conseguiu até apanhar as ditas receitas, conseguiu fazer alguns exercícios, ... e se calhar, até conseguiu passar.

Também penso que, sendo cadeiras dos primeiros anos, deveriam ser as disciplinas onde é importante habituar os alunos a métodos de trabalho diferentes. Não sei muito bem como é que isto poderá ser posto em prática, mas creio ser importante que os alunos sejam habituados a ter de entregar regularmente alguns trabalhos, que depois de corrigidos lhes sejam devolvidos. De facto, os alunos fazem erros muito graves nos exames, mas não têm depois nenhum feed-back. Eles fazem aqueles erros muito graves que nos horrorizam, reprovam, vão tentar estudar outra vez, e, se calhar vão fazer novamente os mesmos erros, porque não lhes é passada a correcção dos seus próprios erros, não chegam a ver porque é que erraram, onde é que aquilo estava mal. É evidente que todos nós temos uma grande sobrecarga de trabalho e, quando se fala de fazer trabalhos periódicos ao longo do semestre, que vão sendo entregues e que vão sendo corrigidos, se um docente tem um elevado número de alunos, assusta-se e recusa-se a fazê-lo. Talvez pudéssemos ter menos carga horária (diminuindo-se o excessivo número de horas teórico-práticas que os alunos têm semanalmente) e dedicarmo-nos mais a essa tarefa. Penso que têm que se modificar os hábitos de trabalho dos alunos, que terão de se convencer de que têm que trabalhar regularmente ao longo do semestre, têm que ir trabalhando e que não dá para trabalhar só

no fim. Em relação às Matemáticas para as licenciaturas em Engenharia, Física e Química, pouco mais tenho a dizer.

Para terminar diria apenas uma palavrinha sobre a Matemática para os mestrados em Engenharia (foi um dos temas que me foi sugerido...). Não tenho muita experiência, ou nenhuma mesmo, de ensinar Matemática em mestrados em Engenharia. Tenho alguma em mestrados em Matemática Computacional, é um bocadinho diferente, mas, a meu ver, penso que o principal objectivo de uma Matemática para um mestrado em Engenharia, deveria ser reforçar a sua formação em matemática "pura", de forma a permitir que um engenheiro fosse capaz de dialogar com os matemáticos quando estes fossem chamados a intervir na resolução de problemas concretos de engenharia. O engenheiro tem que ser capaz de dominar a linguagem matemática de tal forma que se entenda minimamente com os matemáticos, para que os matemáticos e os engenheiros possam trabalhar juntos na resolução matemática de problemas concretos. O que eu penso é que é importante o reforço de uma matemática fundamental, aquela matemática mais perene. Quando penso em Matemática para os mestrados em engenharia, não penso em coisas muito especializadas, mas mais no reforço da análise, em ligação com a análise numérica. Uma análise numérica mais assente numa análise funcional, por exemplo. Penso que passará por aí. É só isso que tenho a dizer.

Obrigada pela vossa atenção.

# **O ENSINO DA MATEMÁTICA PARA OS CURSOS DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA**

*Luís Nunes Vicente*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Coimbra)*

## **Algumas Reflexões sobre o Ensino da Matemática para os Cursos de Ciências e Engenharia**

Nesta breve intervenção procura-se reflectir sobre o ensino da Matemática para os cursos de Ciências e Engenharia à luz das actuais transformações sócio-económicas. Analisa-se o papel que a formação matemática dos engenheiros pode desempenhar no exercício moderno da sua profissão e a forma como o ensino da Matemática pode contribuir para esta formação.

A educação, vista de um ângulo clássico, é um processo de aprendizagem em que sucessivamente se adquirem conhecimentos e em que se aprende de uma forma individual, tendo em vista atingir competências próprias e específicas. Aquilo que se observa actualmente é que esta aprendizagem está inserida num contexto social e profissional cada vez mais complexo, em que as competências específicas, queira-se ou não, são acompanhadas por outras formas de competência relacionadas com o modo de actuar perante uma determinada situação. Dito de uma outra forma, a formação individual em domínios específicos é frequentemente ultrapassada pela capacidade de agir e interagir em situações novas ou pluridisciplinares. E, se é certo que os conhecimentos clássicos continuam a alicerçar a formação individual e esta continua a ser condição necessária para um desempenho profissional competente, também não é menos verdade que a competência profissional lucra com uma componente formativa de espectro e horizonte mais ambiciosos.

A Matemática pode desempenhar um papel dual na formação de um engenheiro, por um lado dotando-o de conhecimentos técnicos necessários para a resolução de problemas concretos, mas por outro treinando-o para que possa exercer a sua acção profissional com capacidade de análise, espírito crítico e sentido inovador.

### *A Educação Matemática e o Exercício Actual da Profissão de Engenharia*

O exercício da profissão de engenheiro está também a atravessar um processo de mudança. A indústria clássica é hoje confrontada com o aparecimento de serviços inovadores no seio da sociedade de informação, e renova-se face aos avanços das novas tecnologias nas áreas da Informática, das Comunicações Sem Fio e da Engenharia Genética. Além disso, e como é costume dizer-se hoje em dia, os serviços de indústria deram lugar a uma indústria de serviços, e esta revolução na área dos serviços é comparável à revolução industrial do século passado. A própria essência das profissões está a sofrer, neste contexto, uma alteração considerável, à qual professores e formadores não podem, de modo algum, estar alheios. A tarefa de um engenheiro deixou de estar totalmente concentrada na resolução de problemas em domínios específicos. A sua actividade passa, actualmente, não só pela resolução dos tais problemas de espectro estreito, mas também por um exercício de parcerias em diversos domínios do saber.

Esta análise leva, do nosso ponto de vista, a um reenquadramento do papel da educação matemática dos engenheiros. A educação matemática dos engenheiros tem, obviamente, que continuar a equipar o engenheiro com os utensílios necessários à resolução dos problemas específicos que continuarão necessariamente a aparecer no seu domínio de formação. Mas não deve ficar por aqui. A educação matemática dos engenheiros deve também ser encarada como um treino intelectual e como um processo organizado de sistematização. A Matemática pode e deve desempenhar um papel importante como instrumento de estudo, compreensão e análise de metodologias e sistemas.

Aliás, no contexto actual da indústria portuguesa, caracterizada por uma ainda forte transferência de tecnologia estrangeira e por um baixo índice de inovação, pode constituir um erro considerar-se que a educação matemática dos engenheiros tem por finalidade única o apoio à resolução de problemas concretos. O ensino da Matemática deve ser

encarado de uma perspectiva mais ampla e ser capaz de fornecer competências mais abrangentes.

### *O Ensino da Matemática para os Cursos de Ciências e Engenharia*

O ensino de um conceito matemático reveste-se de enorme importância. A utilização de *rigor* matemático para ensinar um novo conceito é inquestionável. A utilização de rigor possibilita ao estudante a clarificação de um novo conceito e estimula-lhe o seu raciocínio *lógico*. Sublinhe-se este último aspecto, atendendo ao papel que a Matemática, através do uso sistemático de uma argumentação lógica, pode desempenhar na actividade profissional de um engenheiro.

No entanto, nem sempre um novo conceito matemático deve ser introduzido, inicialmente, de forma rigorosa. Em muitos dos casos, o conceito deve ser primeiro exemplificado, explicando-se a *intuição* matemática que está por detrás da criação ou definição desse mesmo conceito. O rigor não lucra em ofuscar ou sobrepor-se à intuição. A introdução de um exemplo antes da definição rigorosa do conceito pode tornar-se um aliado precioso para o bom rumo da aprendizagem matemática do estudante, que vê assim, de uma forma clara e concreta, a necessidade da introdução formal do conceito. Esta abordagem desperta o raciocínio *indutivo* no estudante, outra característica que o ensino da Matemática pode estimular com utilidade e benefícios evidentes.

A exemplificação de um dado conceito pode, em muitas situações, ser conduzida graficamente, uma situação que, aliás, sugere o recurso a meios computacionais. O uso de computadores no ensino da Matemática é controverso. A questão fundamental, no entanto, não é saber se a utilização de meios computacionais melhora a cultura matemática do estudante, até porque isso muito provavelmente não acontece, mas sim saber se o estudante adquire ou não uma intuição diferente sobre um determinado conceito, reconhecendo-lhe uma importância acrescida e ganhando uma maior motivação para o estudar formalmente.

Um conceito, uma vez assimilado correctamente, pode ser trabalhado matematicamente de forma rigorosa e, se possível, à luz da intuição que sobre ele foi adquirida. Este momento, em que determinadas propriedades são demonstradas, requer um equilíbrio cuidadoso da parte do professor. Para uma audiência de futuros engenheiros, nem todas as propriedades têm que ser necessariamente demonstradas e nem todas as

demonstrações têm que ser forçosamente apresentadas de forma descritiva como um mero encadeamento exaustivo de afirmações lógicas.

Depois, o processo é frequentemente o inverso – revelando a elegância da Matemática – e determinadas propriedades podem ser *deduzidas* a partir de outras mais gerais. O raciocínio dedutivo revela-se também como outro aliado futuro na forma de pensar e agir de um engenheiro. O treino matemático desempenha, igualmente aqui, um papel central.



# A REPERCUSSÃO DOS MEIOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DA MATEMÁTICA

*(Yolanda Lima)*

*(Escola Secundária Rainha D. Amélia, Lisboa)*

## **Repercussão do Uso de Calculadoras no Ensino Não Superior de Matemática**

Vou tentar resumir as conclusões a que tenho chegado após estes curtos anos de ensino com vários tipos de calculadoras no 10º, 11º e 12º anos, apresentando os prós e os contras de cada um dos modelos mais utilizados.

### **Calculadoras científicas**

#### **Prós:**

- uso de calculadora científica libertou o ensino da preocupação de procurar problemas com resultados "FÁCEIS" (ou números exactos ou "simpáticos") , isto é,  $\sqrt{16}$  ,  $\sin \pi/3$ ,  $\cos 30^\circ$ ,  $\log_{10} 100$ ,  $\ln e^2$ , etc., situações sempre muito artificiais.
- Tornou o ensino mais ágil, mais interessante, mais próximo da realidade, eliminando cálculos fastidiosos com radicais ou com dados estatísticos e as consultas morosas de tábuas trigonométricas e logarítmicas.
- Permite dedicar mais tempo à busca de estratégias para a resolução de problemas, poupando tempo nos cálculos.
- É ainda um auxiliar útil para a compreensão das prioridades das operações.

#### **Contras:**

- A partir do 9º ano não tenho encontrado aspectos negativos em que estas calculadoras prejudiquem o ensino da Matemática. Mas:

- Não deviam ser introduzidas nas aulas de Matemática do 1º e do 2º ciclos.
- A avaliação escrita no 7º e no 8º anos deve ser feita alternadamente com e sem calculadora, até à consolidação do cálculo (tanto mental como com papel e lápis) sobre dízimas, fracções e números negativos.

### **Calculadoras gráficas**

#### **Prós:**

a) A introdução da calculadora gráfica no 10º, 11º e 12º anos tem aspectos positivos: faz todos os cálculos que fazem as científicas com a vantagem de se visualizar a expressão a calcular e os dados introduzidos.

b) Como apoio na sala de aula, durante o estudo de funções, é claramente útil porque, com instruções simples,

- permite visualizar um gráfico rapidamente;
- permite percorrer o gráfico lendo continuamente a evolução das abcissas e das ordenadas, nomeadamente as mudanças de sinal;
- facilita uma melhor compreensão da relação entre a graduação dos eixos e o aspecto do gráfico;
- ajuda a entender que a mesma função pode aparecer com diversas representações gráficas, mas que as características, como intervalos de monotonia, extremos, pontos de inflexão, não se alteram.
- é um bom material para o estudo de transformações sobre funções como  $-f$ ,  $|f|$ ,  $f+K$ ,  $f(x+K)$ ,  $Kf$  ...

c) Talvez para espanto das pessoas que me ouvem, incluo nos «prós» as grandes lacunas e atrocidades gráficas cometidos pelos modelos hoje mais usados (alguns custando mais de 16 contos); pois são essas insuficiências que nos permitem manter viva no espírito dos alunos a convicção de que a calculadora é um auxiliar importante, mas verdadeiramente só é útil quando controlada pelos conhecimentos matemáticos do utente. (Ver folha anexa ).

**Contras:**

a) Diga-se desde já que a calculadora gráfica exige muito mais tempo de aprendizagem nas aulas, até que todos os alunos saibam manejar com segurança a respectiva marca de calculadora; e obrigar todos os alunos a comprarem a mesma marca é uma utopia.

b) Tendo em conta que todos os cálculos numéricos e a maior parte dos estatísticos podem ser executados por uma calculadora científica de 3 contos, a mudança para a calculadora gráfica (12 a 20 contos) revela-se demasiado cara, se pensarmos que a sua ajuda é nula numa grossa fatia do programa do Secundário, a saber:

- Geometria Plana e no Espaço (10º ano) - inútil.
- Geometria Analítica plana (10º e 11º) - quase inútil: em geral não fazem  $y < x$  nem  $\Lambda$  nem  $V$ ; as que o fazem (CASIO 9850) exigem mais de 20 instruções para sombrear a região  $x > 1$ ; o comando SHADE (das Texas) serve para sombrear uma região já identificada, o que é pedagogicamente inútil.
- Geometria Analítica no Espaço (11º) - inútil.
- Vectores e produto escalar no plano e no espaço (10º e 11º) - inútil.
- Cálculo das Probabilidades - inútil (uma vez que as científicas cumprem todas as tarefas necessárias).
- Trigonometria - estudo no círculo trigonométrico (11º e 12º), resolução de equações trigonométricas, expressões gerais de zeros, de extremos, simplificação de expressões - inútil.
- Cálculos com complexos - ausente nos modelos mais correntes.
- Regiões planas definidas em  $C$  (12º) - inútil.

c) Mas mais grave que o preço (que tenderá a baixar) e que as insuficiências de hoje (que estarão resolvidas ou melhoradas daqui a poucos anos), é o enfraquecimento do ensino do Cálculo Algébrico e dos conceitos de Análise Infinitesimal, admitindo a hipótese de que todo o aluno virá a ter na mão uma calculadora perfeita que lhe fornece rapidamente, com 14 casas decimais, imagens, zeros, intersecções, derivadas em pontos, tangentes, integrais. Porque, para indicar um máximo, não vai mais ser preciso saber o que

é um máximo nem a relação desse conceito com o de derivada. E, para indicar a derivada num ponto, não é preciso saber uma só regra de derivação!

É esta a formação que desejamos para o 12º ano? Transformar cada aluno num operador que carrega no botão certo para obter a resposta certa sobre qualquer função? É uma perspectiva angustiante. Porém será escusado recomendar insistentemente aos professores que o cálculo automático tem de ser acompanhado de prática com papel e lápis, enquanto o exame final do 12º ano for totalmente realizado com acesso à calculadora gráfica.

d) O problema da avaliação.

Não é demais repetir o incontestável interesse da calculadora gráfica como material de apoio ao estudo de funções *dentro da sala de aula*; mas a aceitação de calculadoras gráficas no exame nacional tem graves inconvenientes:

I. Gera injustiça entre os alunos que possuem gamas altas e baixas de calculadoras.

Veja-se a diferença, por exemplo, entre o cálculo deficiente de zeros duma função numa TI-80 e a eficácia duma CASIO-9850 cujo comando ROOTS faz aparecer os valores de todas as raízes, quer sejam duas ou três ou mais.

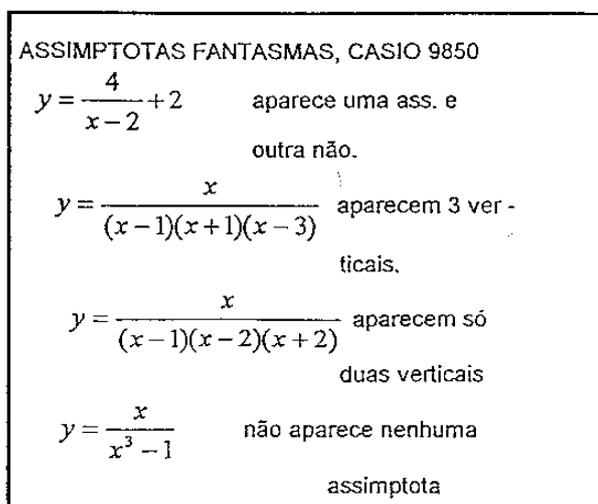
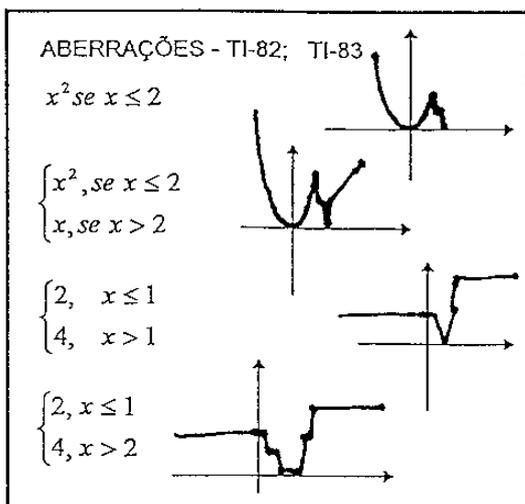
II. Enfraquece a prática e a compreensão dos conceitos de Análise Infinitesimal e diminui gravemente as capacidades de cálculo algébrico, de cálculo de limites e de derivadas.

### **PROPOSTA DE SOLUÇÃO:**

Uma solução intermédia que diminuiria 50% destes efeitos nocivos, consiste na realização, quer de testes, quer de exames, em duas partes, uma com calculadora, outra sem qualquer calculadora.

Esta experiência está a ser testada em França, em vários departamentos, e sobre ela foi dado a conhecer um relatório cujo resumo foi lido no final desta intervenção, e que segue em anexo.

## EXEMPLOS DE RESULTADOS INCORRECTOS OBTIDOS NAS CALCULADORAS



### EXEMPLOS DE INSUFICIÊNCIAS

Problema: Com a calculadora procura uma raiz inteira de  $5x^3 - 4x^2 - 5x + 4 = 0$ ; confirma pelo cálculo. Decompõe o polinómio em factores e indica todas as raízes.

Resolução tradicional

$$\begin{array}{r} 5 \quad -4 \quad -5 \quad 4 \\ 1 \quad 5 \quad 1 \quad -4 \\ \hline 5 \quad 1 \quad -4 \quad 0 \end{array}$$

$$5x^2 + x - 4 = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-1 \pm \sqrt{1+80}}{10} \Leftrightarrow$$

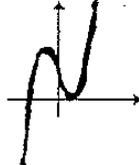
$$\Leftrightarrow x = 0,8 \vee x = -1$$

R:  $5(x-1)(x+1)(x-0,8)$

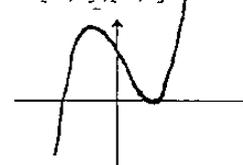
(Quase todos os alunos acertaram)

Resolução com calculadora (TI- 82 e 83)

zoom standard



window[-5,5];[-5,5]



calc; left bound; right bound; guess...

$x = 1 \quad y = 0$

R:  $5(x+1)(x-1)$  ou  $5(x+1)(x-1)^2$

(Quase todos erraram)

ANEXO

**Expérimentation concernant l'usage des calculatrices au baccalauréat**

**Mathématiques**

**Terminale S**

**ObIigatoire pour tous**

**Première partie**

## Bac avec et sans calculatrice, bilan de l' expérimentation 1997

L'année dernière s'est déroulée sur quatre académies une expérimentation d'une épreuve de baccalauréat blanc (en mathématiques pour S et ES et en physique pour les S) en deux parties, une partie avec calculatrice, une partie sans calculatrice. 10 établissements par académie ont participé à l'expérimentation.

**L'objectif était de tester la faisabilité d'une épreuve en deux parties sans mettre en cause la maquette de l'épreuve du bac (2 exercices et un problème) ni ses défauts actuels:**

- Dans la première partie les élèves ont à leur disposition leur calculatrice et la première partie du sujet.
- Au bout de 1h15 en ES et 1h30 en S les élèves étaient priés de mettre leur calculatrice dans une enveloppe autocollante fournie et de ne plus s'en servir. À ce moment, la deuxième partie du sujet était distribuée.
- Dans cette deuxième partie les élèves avaient tout loisir de continuer la première partie du sujet ou de passer à la deuxième partie, l'ensemble de la copie n' étant ramassé qu'à la fin.

En ES la partie "calculatrice" était composée d'un exercice de statistique et d'un exercice de proba ou de suites  
la partie "sans calculatrice" portait sur un problème d'analyse.

En S la partie "avec calculatrice" portait sur un problème d'analyse.  
la partie "sans calculatrice" était composée d'un exercice de probabilité et d'un exercice de géométrie ou de complexes.

**L'épreuve s'est déroulée le mercredi 12 mai.**

**La conclusion a été que ce type d'épreuve est tout à fait réalisable, que les résultats de cette évaluation sont conformes aux évaluations de l'année et que les réactions et commentaires sont les mêmes dans les quatre académies cobayes.**

### Synthèse des réponses au questionnaire destiné aux enseignants des lycées cobayes

Les consignes données concernant le déroulement de l'épreuve vous ont-elles paru claires?

*Oui à 100%.*

Vos commentaires sur la facilité de la mise en oeuvre.

*Pas de problème dans les petites salles.*

*Quelques problèmes de bruit dans les grandes salles, déconcentration lors de la distribution de la deuxième partie.*

Votre sentiment

Quant à la pertinence des sujets de la partie "avec calculatrice":

*ES: exercice de stat trop court. S: sujet trop long, apport de la calculatrice limité.*

Quant à la pertinence des sujets de la partie "sans calculatrice":

*ES: bien perçu par les prof., élèves quelque peu gênés par l'utilisation bien pensée des graphiques donnés en annexe.*

*S: élèves perturbés par la première partie trop longue, aucune réserve pour la deuxième partie.*

Concernant la durée choisie de la première partie:

*ES: certains avaient terminé la première partie 10 minutes avant de recevoir la deuxième partie.*

*S: trop brève.*

Ce type d'épreuve vous paraît-il répondre de manière satisfaisante au problème posé par la diversité des matériels?

*ES: partagé. S: Non majoritairement.*

Ce type d'épreuve présente-t-il une difficulté supplémentaire pour les élèves

*OUI ES: très majoritairement. S: majoritairement (erreurs de calcul fréquentes, obligation de commencer par le problème, difficulté à gérer son temps).*

Êtes-vous favorable à ce type d'épreuve?

*ES: OUI très majoritairement. S: avis très partagés.*

Personne n' avait préparé spécialement ce type d'épreuve, une simple information a suffi.

Les réactions des élèves:

*ES: plutôt négative. S: très partagée.*

La réaction des collègues:

*ES: très majoritairement positive. S: plutôt positive.*

Des propositions:

- Faire évoluer les sujets et la définition de l'épreuve.
- Bien maîtriser l'outil calculatrice.
- Ne pas réserver la calculatrice à un seul type d'exercices.

**Questionnaire élève:**

Dans l'ensemble les élèves n'ont pas été perturbés par la forme de l'épreuve.

Deux tiers des élèves disent ne pas avoir été gênés de mettre leur calculatrice dans une enveloppe et de la poser parfois au pied de leur table (problème des tables trop petites!)

L'absence de la calculatrice vous a-t-elle gêné pour terminer la première partie?

*Oui pour les deux-tiers.*

L'absence de la calculatrice vous a-t-elle gêné pour faire la deuxième partie?

*ES: OUI pour les 2/3. S: NON à 60%*

**Quelques remarques concernant l' expérimentation en Physique:**

Les collègues de physique avaient reçu un certain nombre d'exercices, à eux de composer leur épreuve en choisissant quelques uns de ceux-ci. La date n'était pas imposée, mais les modalités étaient les mêmes que pour les math.

La calculatrice sert essentiellement à stocker les formules (90%) et éviter des trous de mémoire. Un tiers des élèves dit avoir été gêné par l'interruption de l'épreuve au milieu.

Quelques suggestions d'élèves:

- Que chaque élève commence la deuxième partie quand il la souhaite.
- Distribuer la totalité du sujet au début (ne laisser la calculatrice que la moitié du temps)
- Donner un formulaire (les math. font école!)
- Utilisation d'un modèle de calculatrice imposée.
- Des enveloppes plus grandes pour ceux qui ont deux calculatrices!
- Dans l'ensemble les élèves tiennent à l'emploi de la calculatrice et sont mal à l'aise si on leur retire.

Avis d'ensemble des enseignants:

Faut-il poursuivre dans la voie amorcée? *Les avis sont partagés, mais plutôt contre.*

Faut-il maintenir l'épreuve actuelle? *Les enseignants sont exactement partagés sur cette question.*

Faut-il une calculatrice "autorisée"? *L'idée est majoritaire.*

Faut-il autoriser tous les documents? *Irréaliste, les professeurs sont franchement contre.*

# A REPERCUSSÃO DOS MEIOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DA MATEMÁTICA

*Paulo B. Lourenço*

*(Departamento de Engenharia Civil -Universidade do Minho)*

## Aspectos da Experiência Adquirida no Ensino da Utilização da Matemática Recorrendo a "Software" Avançado

### 1. Resumo

A presente comunicação apresenta alguns aspectos relativos a uma experiência sobre um módulo de utilização do programa Mathematica na disciplina de "Informática Aplicada à Engenharia Civil" do Mestrado em Engenharia Civil da Universidade do Minho.

### 2. Introdução

É um facto bem conhecido que os computadores nos permitem uma redução significativa do trabalho de cálculo. Por uma quantia irrisória compra-se hoje uma calculadora de bolso que efectua em fracções de segundo cálculos que há poucas dezenas de anos só eram possíveis com as "velhas" régua de cálculo. Estas calculadoras de bolso e os computadores mais avançados têm uma característica comum que é trabalharem com valores aproximados, isto é, de uma forma simplista,  $\cos(\pi/6)$  não é igual a  $\sqrt{3}/2$  mas sim 0.8660254 ou outro valor com uma precisão limitada.

Nos últimos 15 anos têm sido desenvolvidos programas de software (Mathematica, Maple, Derive, Matlab, etc.) que transformam o computador "numérico" num sistema algébrico e matemático poderoso, com características como:

- cálculo exacto, por exemplo  $\frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{7}{12}$ ;

- cálculo aproximado (se necessário);
  - cálculo simbólico, por exemplo  $\int \cos(x) = \sin(x)$  ou  $(a - b)(a + b) = a^2 - b^2$
  - análise matemática, álgebra, estatística, optimização, teoria de grupos, etc.
- Claro que, neste caso, são necessários computadores poderosos (um vulgar PC).

### 3. Programa do módulo de ensino do Mathematica

Os aspectos abordados no módulo dedicado a este programa incluem:

- cálculo com números (exacto e aproximado)
- atribuições
- manipulação de funções
- somas e integração
- solução de equações
- gráficos
- vectores e matrizes
- cálculo diferencial
- mínimos quadrados
- programação

Em seguida, apresentam-se alguns exemplos simples mas ilustrativos das possibilidades deste género de software.

#### 3.1 Calcular com números

$$1/2 + 1/3 = 5/6$$

$$\text{Cos}[\text{Pi}/6] = \text{Sqrt}[3]/2$$

$$\text{N}[\%, 40] = 0.8660254037844386467637231707529361834714$$

(% representa o resultado anterior)

$$(1+I)(1-I) = 2$$

### 3.2 Manipulação de fórmulas

```
Expand[(x^2+1)(2x-1)(x^3+8)] =
      -8 + 16 x - 8 x^2 + 15 x^3 + 2 x^4 - x^5 + 2 x^6
```

```
Factor[%] =
      (2 + x) (-1 + 2 x) (1 + x^2) (4 - 2 x + x^2)
```

```
Simplify[(x^2+2x y+y^2)/(x+y)] = x + y
```

### 3.3 Integrais

```
Integrate[Sin[x^2] ,x] = Sqrt[Pi/2] FresnelS[Sqrt[2/Pi] x]
```

```
NIntegrate[Sin[x^3] ,{x,0,1}] = 0.233845
```

### 3.4 Somatórios

```
Sum[a*i ,{i,0,6}] = 21 a
```

```
SymbolicSum[k,{k,1,n}] = n (1 + n)/2
```

### 3.5 Soluções de Equações

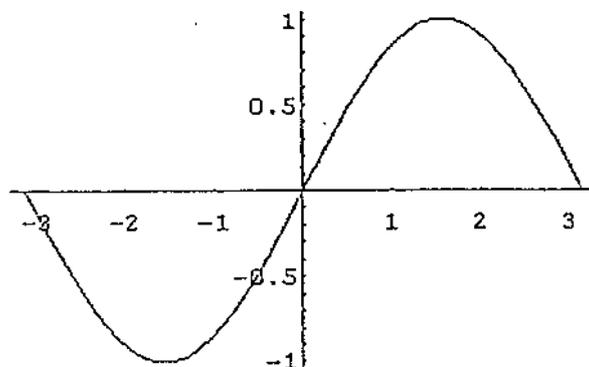
```
Solve[{x^2+y^2==16, x^2-4==y},{x,y}] =
```

```
{{y -> -4,x -> 0},{y -> -4,x -> 0},{y -> 3,x -> -Sqrt[7]},
```

```
{y -> 3,x -> Sqrt[7]}}
```

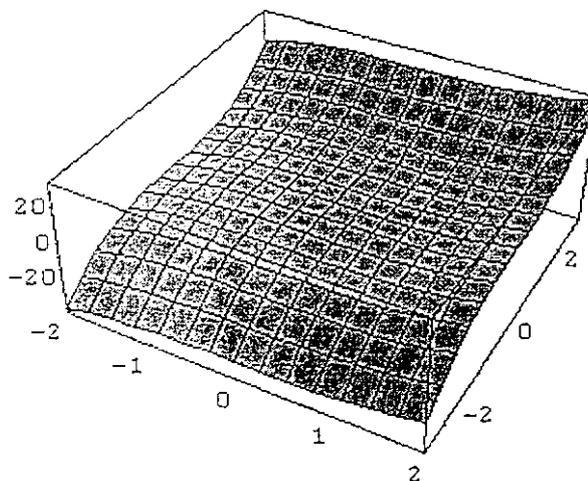
### 3.6 Gráficos 2D

`Plot[Sin[x], {x, -Pi, Pi}] =`



### 3.7 Gráficos 3D

`Plot3D[x^3+y^3, {x, -2, 2}, {y, -3, 3}] =`



### 3.8 Operações com matrizes e vectores

$$\{1, 2\} \cdot \{2, 3\} = 8$$

$$\text{Eigenvalues}[\{\{4, 4\}, \{a, 4\}\}] = \{4 - 2 \sqrt{a}, 2(2 + \sqrt{a})\}$$

### 3.9 Cálculo Diferencial

$$D[a*x^2*y, x] = 2 a x y$$

$$D[4*x^3+3*x*Exp[x], \{x,3\}] = 24 + 9 E^x + 3 x E^x$$

$$DSolve[\{y'[x]==x^2, y[0] == 1\}, y[x], x]=\{y[x] \rightarrow 1 + x^3/3\}$$

### 3.10 Estatística e Mínimos Quadrados

$$\text{Mean}[\{1., 2.2, 3.5, 2.1, 4.2, 1.5 \}] = 2.41667$$

$$\text{Variance}[\{1., 2.2, 3.5, 2.1, 4.2, 1.5 \}] = 1.46967$$

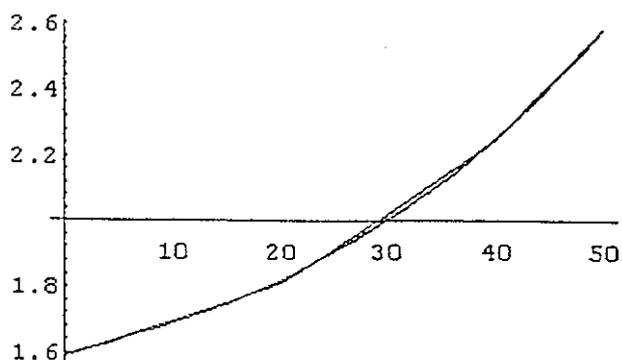
Populacao =

$$\{\{0,1.59\}, \{10,1.70\}, \{20,1.81\}, \{30,2.02\}, \{40,2.25\}, \{50,2.59\}\}$$

Fit[populacao, \{1,x, x^2, x^3\},x ] =

$$1.59175 + 0.00897884 x + 0.0000757937 x^2 + 2.87037 \cdot 10^{-6} x^3$$

Show[Plot[%,\{x,0,50\}], ListPlot[populacao]] =



### 4. Exemplos de trabalhos realizados

Os trabalhos de programação realizados com este programa são habitualmente seleccionados pelos próprios alunos. Algumas das aplicações mais recentes, que adoptam os aspectos introduzidos no ponto anterior, incluem:

- Extensometria (cálculo de extensões / tensões principais a partir de rosetas de extensómetros);
- Geotecnia (cálculo dos parâmetros de resistência de solos a partir de ensaios triaxiais);

- Estruturas (cálculos de esforços e deformados recorrendo à integração da elástica - equação diferencial de 4ª ordem;
- Economia (cálculo de prestações, amortizações e juros);
- Estatística (diferentes manipulações);
- Transmissão de calor (cálculo de temperaturas).

## 5. O Ensino da Matemática e a Pós-graduação em Engenharia

Nesta comunicação, apresentou-se uma experiência sobre o ensino de um "software" que permite a utilização de ferramentas matemáticas poderosas de uma forma extremamente simples. Verifica-se que os alunos de uma pós-graduação em Engenharia apreendem com extrema facilidade a utilização destas ferramentas e são capazes de as utilizar para resolver problemas com alguma complexidade.

A existência dos programas descritos poderá levantar a questão sobre a profundidade necessária no ensino de técnicas matemáticas como por exemplo a integração, diferenciação, técnicas de resolução de sistemas e outras ferramentas bem mais avançadas.

Da experiência do autor como orientador e docente na área da mecânica computacional não linear, o que se verifica é a necessidade de uma maior e melhor formação matemática. A formação matemática habitual dos Engenheiros é francamente insuficiente para resolver a complexidade de alguns dos temas mais prementes na área, como por exemplo:

### □ *Problemas mal condicionados*

1. Métodos numéricos para solução de sistemas de equações não lineares
  - Line Searches
  - Técnicas de perturbação do Jacobiano
2. Técnicas de preservação da elipticidade das equações diferenciais para a mecânica dos meios contínuos (Cosserat, modelos não-locais, etc.)

### □ *Técnicas de resolução de equações recorrendo à computação em paralelo*

### □ *Problemas de homogeneização (expansão assintótica em problemas não-lineares)*

Desta forma, julgamos que o Ensino da Matemática ao nível das licenciaturas e pós-graduações de Ciências e Engenharia deveria apoiar-se nos novos meios tecnológicos, despendendo menos esforço em exercícios repetitivos e estandardizados e, muito mais esforço ao nível dos conceitos e das ferramentas complexas.

## **A REPERCUSSÃO DOS MEIOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DA MATEMÁTICA**

*Suzana Metello de Nápoles*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Lisboa)*

Queria agradecer à comissão organizadora deste debate o convite que me dirigiu para participar neste painel. Congratulo-me com o interesse que esta iniciativa despertou na comunidade científica e espero que isso se traduza numa vontade de intervenção, de forma a evitar que, no que diz respeito ao ensino, a influência sobre o poder de decisão continue apenas a vir de quadrantes que se limitam a querer pôr a funcionar determinados modelos já gastos e postos em causa nos próprios países de origem.

O tema deste painel é a repercussão dos meios tecnológicos no ensino da Matemática. Vou centrar a minha intervenção em aspectos relacionados com o ensino pré-universitário.

Há cerca de um ano, por ocasião da homenagem ao Prof. Sebastião e Silva o Prof. Luís Sanchez fez várias considerações sobre o uso das tecnologias no ensino universitário e no ensino pré-universitário. Relativamente ao ensino pré-universitário, permito-me destacar algumas das suas afirmações que irei depois ilustrar com exemplos.

“A elaboração dos programas do ensino secundário tem vindo a ser caracterizada entre nós (à semelhança do que tem acontecido noutros países) pelos princípios estritos de uma ortodoxia pedagógica, marcadamente ideológica, que coloca o objectivo de seduzir o aluno à frente da transmissão de conteúdos. A implantação do uso das calculadoras não escapa a esta tendência, que vê na tecnologia mais um meio de sedução, um artefacto lúdico, com uma relação ténue com o conteúdo matemático do programa. Inevitavelmente, é grande o risco de se cair em observações banais. [...] A meu ver não se tem caminhado

na direcção de tirar partido das calculadoras como instrumento de apoio à resolução de problemas matematicamente significantes, em apoio de uma formação sólida a nível das ideias. Pelo contrário, promove-se frequentemente o seu uso inadequado, inconsequente e gratuito. No texto dos programas oficiais podem ler-se passagens como: uso da calculadora para uma aproximação experimental da noção de limite ... ”

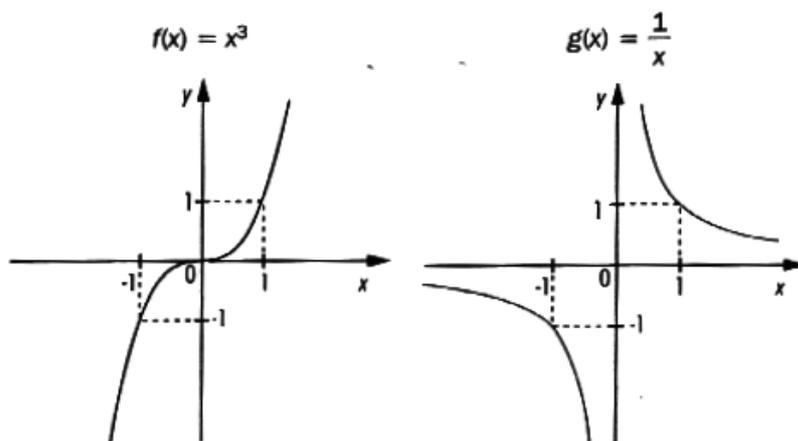
E mais adiante:

“um aluno que não tenha compreendido alguns factos básicos sobre o comportamento das funções elementares não pode atribuir significado que não seja casuístico aos sucessivos gráficos que lhe aparecem premindo teclas da sua calculadora; pelo contrário, se conseguir fazer algumas previsões em casos simples começará a discernir ordem no caos e o seu gosto e confiança na utilização do meio sairão aumentados”.

Observe-se como um manual escolar recente aborda “experimentalmente” a noção de limite no infinito.

### Limites no infinito

Observe os gráficos.



Se  $x$  aumenta indefinidamente, o que sucede aos valores de  $f(x)$  e  $g(x)$ ?

Para responder a esta questão, consideramos uma sucessão de valores de  $x$  aumentando indefinidamente, por exemplo, 1, 10, 100, 1000, 10 000, ... e vejamos o que acontece aos respectivos valores de  $y$ .

Registemos numa tabela os valores de  $x$  e as respectivas imagens  $f(x)$  e  $g(x)$ .

$x$	1	10	100	1000	10000
$f(x)$	1	1000	1000000	$10^9$	$10^{12}$
$g(x)$	1	0,1	0,01	0,001	0,0001

Pela observação da tabela verificamos que quando  $x$  aumenta indefinidamente:

- os valores de  $f(x)$  aumentam indefinidamente;
- os valores de  $g(x)$  vão diminuindo, aproximando-se de zero (sem, no entanto, atingirem este valor).

Para representar simbolicamente:

- $x$  aumentando indefinidamente, escrevemos  $x \rightarrow +\infty$ ;
- $x$  diminuindo indefinidamente, escrevemos  $x \rightarrow -\infty$ .

Simbolicamente:

- quando  $x \rightarrow +\infty$  então  $f(x) \rightarrow +\infty$ ;
- quando  $x \rightarrow +\infty$  então  $g(x) \rightarrow 0$ .

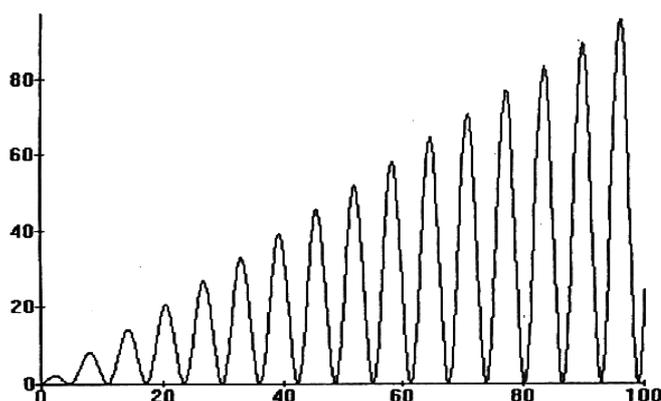
**Se para qualquer sucessão de valores tendendo para  $a$  por valores superiores e para qualquer sucessão de valores tendendo para  $a$  por valores inferiores,  $f(x)$  tende para  $b$ , diz-se que  $b$  é o limite da função  $f$  quando  $x$  tende para  $a$ .**

O autor deste texto experimenta uma sucessão de valores para  $x$  que, curiosamente, são todos potências de 10, e depois regista numa tabela os correspondentes valores de  $f(x)$  e  $g(x)$ . Conclui que “pela observação da tabela [...] os valores de  $f(x)$  aumentam indefinidamente [...] os valores de  $g(x)$  vão diminuindo aproximando-se de zero”. Depois entra com uma representação simbólica do que quer dizer e tira uma conclusão simbólica daquilo que não provou. Finalmente escreve em letra carregada: “se para qualquer sucessão de valores tendendo para  $a$  por valores superiores e para qualquer sucessão de valores tendendo para  $a$  por valores inferiores,  $f(x)$  tende para  $b$ , diz-se que  $b$  é o limite de  $f$  quando  $x$  tende para  $a$ ”. Da leitura desta parte final depreende-se que o autor achou que tudo o resto que tinha escrito era conversa fiada e sentiu necessidade de formalizar. O pior é que se esqueceu que o tema “sucessões” ainda não tinha sido dado e só aparece no mesmo manual vinte ou trinta páginas à frente!

Analise-se outro caso à luz do mesmo tipo de abordagem. Por exemplo, estude-se o que acontece à função  $g(x) = \frac{x}{2}(1 + \sin x)$  quando  $x$  aumenta. Com o auxílio de uma calculadora constroi-se a seguinte tabela:

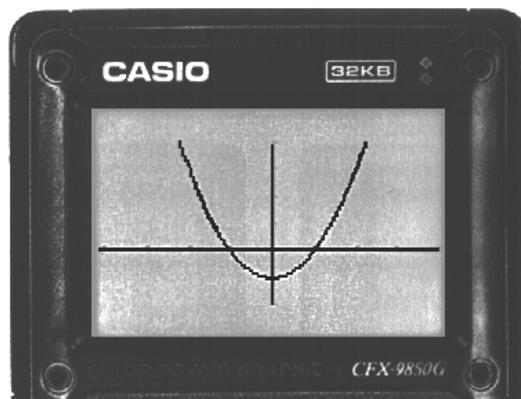
$x$	$g(x)$	$x$	$g(x)$
314	132,1009	2100	2087,482
650	424,0448	2201	2147,074
780	691,8323	3011	2975,836
1020	943,9366	4003	3149,667
1233	1231,262	5010	4370,803
1359	1335,956	10100	6153,939

Como  $g(x)$  toma valores tão grandes quanto se queira, uma análise do estilo anterior levaria a concluir, erradamente, que a função tende para  $+\infty$  quando  $x$  tende para  $+\infty$ . Decorre, aliás, facilmente da observação do gráfico que tal limite não existe.



Veamos como um manual escolar recente faz o estudo intuitivo de uma função por observação gráfico obtido com uma calculadora gráfica:

### O que se pode observar através do gráfico de uma função?



- Domínio:  $\mathbb{R}$
- Contradomínio:  $[-1, +\infty[$
- Zeros:  $-1$  e  $1$
- Sinal da função:
  - Positiva:  $x \in ]-\infty, -1[ \cup ]1, +\infty[$
  - Negativa:  $x \in ]-1, 1[$
- \ • Monotonia:
  - Decrescente:  $x \in ]-\infty, 0]$
  - Crescente:  $x \in [0, +\infty[$
- Extremos:  $-1$  é mínimo para  $x = 0$ .

Nem sempre a observação do gráfico dá indicações exactas acerca dos zeros dos extremos ou dos limites dos intervalos de monotomia.

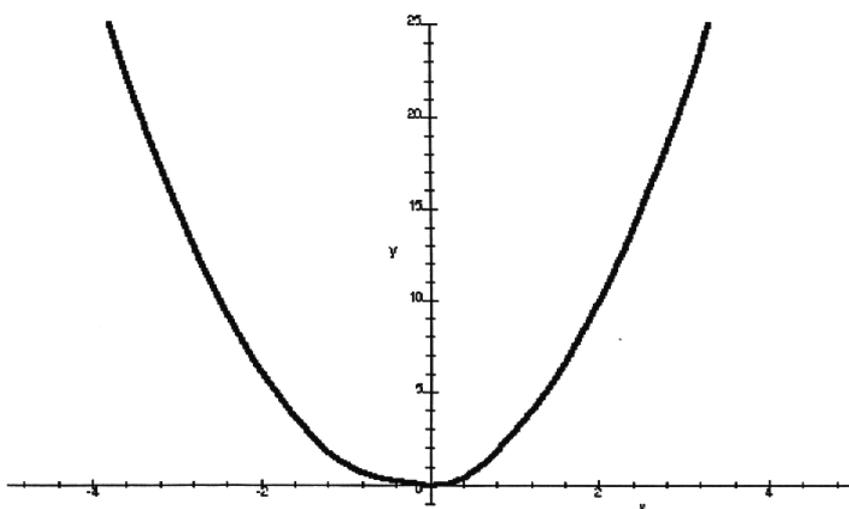
Nesses casos recorre-se ao cálculo algébrico.

Mas a calculadora gráfica é importante para dar indicações da sua existência ou não, para orientar no método a seguir ou para confirmar os resultados obtidos analiticamente.

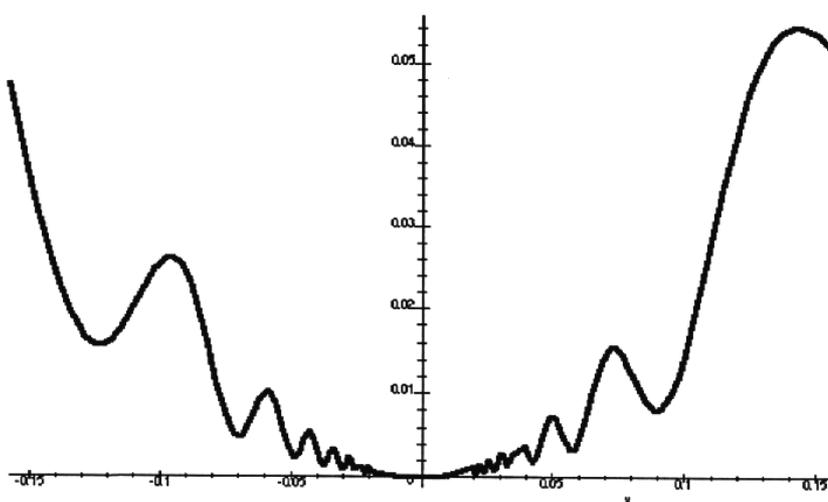
Nota

Com a continuação do estudo das aprenderá a utilizar a calculadora da forma mais adequada à resolução do problema.

Nesta ordem de ideias, o que se poderá então concluir da observação do seguinte gráfico?



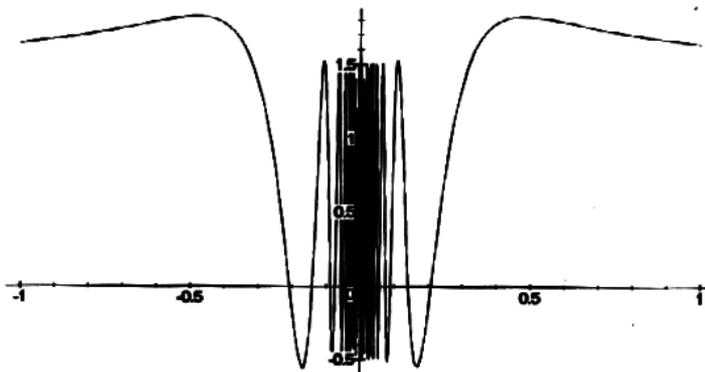
Uma análise do estilo da anterior levaria a concluir tratar-se de uma função decrescente em  $]-\infty, 0]$  e crescente em  $[0, +\infty[$ . Se nos aproximarmos da origem o que irá acontecer? Pode-se obter a imagem



A função a que correspondem estas representações é a função

$$f(x) = \begin{cases} x^2 \left( 2 + \sin \frac{1}{x} \right) & \text{se } x \neq 0 \\ 0 & \text{se } x = 0 \end{cases},$$

cuja derivada não mantém o sinal em nenhuma vizinhança da origem. Embora o estudo que desta função esteja fora do contexto dos actuais programas, pode-se dar uma ideia da situação observando o gráfico da função derivada.



É preocupante que, com a desculpa de que no contexto dos programas do ensino secundário só se estudam “funções bem comportadas”, se façam raciocínios que conduzam a conclusões do tipo “se uma função tem um mínimo para  $x = a$  então ela decresce à esquerda de  $a$  e cresce à direita de  $a$ ”. Se alguns manuais são prudentes nas afirmações que fazem para não darem origem a falsas generalizações, o mesmo não se pode dizer de outros que, ao pretenderem ser exaustivos, falam demais.

Este último exemplo pretendeu, por um lado, alertar para o mau uso das tecnologias, mas mostrar simultaneamente as vantagens que se podem tirar dessas mesmas tecnologias, com imagens gráficas obtidas após uma previsão do que deverá acontecer.

Mais uma vez, e para concluir, cito o Prof. Luís Sanchez:

“Um subproduto da ligeireza com que vem a ser encarada a introdução destas máquinas no ensino é a destilação da ideia de que se podem obter bons resultados sem necessidade de grandes aprofundamentos teóricos - noutros termos, sem saber muita matemática. O que se passa é justamente o contrário: nunca foi tão necessário ter ideias nítidas sobre os objectos matemáticos e as relações entre eles para dar utilização conveniente à calculadora ou ao computador”.

## A REPERCUSSÃO DOS MEIOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DA MATEMÁTICA

*Vítor Neves*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Aveiro)*

A utilização que tenho feito de meios tecnológicos no ensino tem sido, em termos actuais, muito incipiente: projecção de transparências - onde os teoremas ou definições a tratar na aula se mantêm referenciados e sobre os quais se vai expondo à medida que aquela decorre - compiladores e processadores de texto - para poder apresentar notas legíveis sobre a matéria que me compete leccionar - uma calculadora de bolso programável, com um máximo de 50 passos de programação, comprada na passada década de 80 - utilizada para cálculos envolvendo essencialmente números inteiros.

Por vezes tenho considerado a hipótese de ser um pouco mais espectacular (afinal, uma aula tem uma componente teatral não desprezável...e, presentemente, há uma óbvia cultura da imagem, sob todos os sentidos...), principalmente em aulas onde tenham lugar gráficos e deformações bi ou tridimensionais ou cálculos eventualmente fastidiosos (frequentemente evitáveis, com vantagens para professor e alunos...); em parte por dificuldades logísticas, em parte por hesitação, não tenho recorrido a tais representações; Ed Dubinsky - doutorado em Matemática nos anos 60 - resume muito bem, em [1], o que me preocupa: traduzido livremente, diz

- *Há presentemente indícios consideráveis de que a interpretação de uma experiência visual depende mais da compreensão do espectador, com todos os seus potenciais preconcebidos, do que daquilo que está “de facto” na imagem.*
- *Um(a) motorista não precisa saber muito sobre como funciona um motor de combustão interna para desempenhar as suas funções, mas um(a) estudante de matemática necessita “sentir” a razão pela qual calcular razões de variação e calcular áreas são operações inversas, antes de se poder afirmar que compreende algo de Cálculo.*

A propósito da segunda observação, acrescento que

- *um corredor profissional de automóveis de Fórmula 1, para ser pelo menos aceitável, deve conhecer **bem** o funcionamento dos carros que conduz.*

À objecção:

- *Esse corredor faz parte de uma elite!*

Respondo:

- *E daí? Deverei, pelo contrário, procurar formar indivíduos de qualidade intelectual inferior?*

Concordando ainda com Ed Dubinsky, considero ser necessário utilizar os meios computacionais - computadores ou máquinas de calcular - para desenvolver compreensões mais profundas por meio da programação:

- *É fundamental substituir actividades de concentração e aprendizagem, como sejam a realização de produtos ou divisões inteiras de números “grandes”, por outras, porventura proporcionadoras de conhecimentos mais consentâneos com as necessidades actuais; por exemplo, programar numa máquina de bolso como a minha - com problemas de espaço de memória - exige conhecimento da hierarquia das operações aritméticas, bem como de formas variadas de simplificação de expressões.*
- *estudo numérico de razões incrementais de funções definidas por ramos, pode ser particularmente útil para habituar os estudantes a utilizarem **funções como objectos** ([1]) - salto intelectual por demais importante na compreensão da (utilidade da) Matemática.*

Mais radical, Roger Schanck ([3]) vê na utilização de computadores a panaceia para a incultura:

- *“[a utilização do computador é a] única maneira de escapar da massificação [pois possibilita ensino individualizado]”, apesar de considerar que a maioria do “software” dito educativo não contribui o que quer que seja para a educação, limitando-se a fornecer imitações. Na verdade, parece-me bastante óbvio que*
- *uma quantidade enorme de “software” actual está para o conhecimento assim como os sinais electromecânicos de mudança de direcção em automóveis dos inícios da década de 60 estão para os “piscas” actuais.*

Um pouco neste sentido vai também a análise de Hicks em [2]: (tradução livre)

- *“[...] um consórcio de departamentos de engenharia electrotécnica de oito universidades do Reino Unido desenvolveu mais de 150 horas de material de*

*aprendizagem com computador para apoiar o ensino de Projecto de Circuitos Analógicos e Digitais. [...] um milhão de libras inglesas [foi gasto] no desenvolvimento e experiência de utilização de ferramentas [para se concluir que material de apoio cuidadosamente desenvolvido [e utilizado] leva a uma forte redução de tempo de leccionação, **sem que se observem diferenças significativas na compreensão.**”*

Mais profundamente, recorremos ainda a [3]:

- *“se [se] pode ir ao “site” da NASA e soltar um foguete numa simulação, óptimo! Mas antes alguém tem de construir [esse “site”].”*

A este propósito, e para olharmos o futuro com optimismo, devemos considerar também experiências como a desenvolvida em torno de [4]:

O Cálculo pode ser aprendido recorrendo à resolução de problemas de vários tipos e áreas de conhecimento, como sejam *a utilização de Júpiter como acelador* ou *estudos de competição e colaboração entre espécies* ou ainda *estudo de processos de propagação de epidemias*. A realização de cada um desses trabalhos, apoiada por monitores, pode levar semanas, mas deixa os estudantes com um lastro de conhecimentos de matemática significativamente mais avançados que os adquiridos num vulgar curso de Cálculo de primeiro ano; para além de os fazer utilizar as reais potencialidades de meios informáticos altamente potentes (MATHEMATICA® ou MAPLE ®).

Resultados desta experiência, obtidos num estudo realizado na Universidade de Brigham Young, foram em particular os seguintes ([4; v]):

**Os alunos que passaram [pela experiência] obtiveram em 6 cursos subsequentes de tipo clássico (e carácter técnico) classificações aproximadamente 10% melhores que outros dois grupos de estudantes [que utilizaram outras aproximações ao Cálculo] e, em média, obtiveram 2,93/4 contra 2,95/4 num 7º curso.**

Terminando:

**A utilidade educacional das novas tecnologias é óbvia!**

Se não vejamos:

- *É importantíssima a facilidade de acesso à informação: não se pode raciocinar, nem muito menos inovar, sobre conjuntos de conhecimentos vazios ou pobres.*
- *É impensável ter de telefonar para poder utilizar a parte que nos caberia no “time-sharing” de um computador, possivelmente mastodóntico (como tive de fazer enquanto estudante de Análise Numérica, há mais de 20 anos).*

- Não se duvida de que aspectos cinemáticos ou dinâmicos (por exemplo da Teoria Qualitativa das Equações Diferenciais) se possam transmitir muito mais eficientemente com recurso a visualização.
- Não vamos com certeza desistir de poder pôr *problemas cuja formulação dispense o recurso a artificios* (necessários se é necessário recorrer a coeficientes manejáveis, mais ou menos facilmente, com “lápiz e papel”); problemas que, também necessariamente, levarão mais tempo a resolver, *porque são com frequência conceptualmente mais ricos* ([4]).

Mas:

**Não vale a pena limitarmo-nos a imitar processos que ao longo do tempo se têm aperfeiçoado, em detrimento da procura de utilizações realmente originais e mais dirigidas à compreensão, construídas *sobre* a libertação da rotina.**

### **Bibliografia**

1. Dubinsky, Ed: Writing Programs to Learn Mathematics, On the teaching and learning of Mathematics at university level, ICMI Study Conference, Singapore 1998.
2. Hicks, P. J.: Computer Assisted Learning in Electronic Engineering Education, peter.hicks@ieee.org.
3. Schank, Roger: “O Computador é a Salvação”, entrevista comentada por Sandra Carvalho, <http://athena.ufrgs.br/~portosil/polemic5.html>.
4. Stroyan, K. D.: Calculus The Language of Change, Acad. Press 1998.

## **A REPERCUSSÃO DOS MEIOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DA MATEMÁTICA**

*Jaime Carvalho e Silva*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Coimbra)*

Queria começar por agradecer o convite da organização e congratular-me pela realização deste tipo de debates e reflexões; o tema é algo em que tenho reflectido desde há muito tempo, e, ao contrário do que se possa pensar, concordo com praticamente tudo aquilo que foi dito até agora. Excepto num ponto: não acho que as dificuldades com que nos deparamos sejam inultrapassáveis, pelo contrário, acho que devemos ultrapassar todos esses escolhos (aliás ao longo da história nunca nenhum professor de matemática teve uma vida fácil), e acho que exactamente este tipo de debates e outros debates mais concentrados em tópicos específicos são fundamentais para ultrapassar essas dificuldades.

Um autor a que Vítor Neves se referiu elogiosamente, Ed Dubinski, não trabalha actualmente como matemático, agora pertence à classe dos educadores matemáticos<sup>1</sup>; é verdade que começou a sua carreira como matemático, mas agora é um didacta, um educador. E devo dizer que acho importante a colaboração não só com as pessoas que trabalham em Educação Matemática, como também com as que trabalham em áreas mais longínquas como a Psicologia ou as Ciências de Educação teóricas. O que não acho é que o trabalho de Educação Matemática deva ser feito em guetos, em particular não concordo com os guetos que se têm criado, em Portugal e noutros países, com Departamentos ou Institutos de Educação que funcionam separadamente dos Departamentos científicos, como se a Educação pudesse ser discutida separadamente do conteúdo que se pretende ensinar

---

<sup>1</sup> Ed Dubinski é o autor de uma teoria construtivista da educação matemática que designa por APOS (ver “Using a theory of learning in college mathematics courses”, Talum Newsletter No.12, March 2000).

(falando de forma muito sumária pois, obviamente, em dez minutos não é possível alinhar todos os argumentos).

A reflexão sobre o impacto da tecnologia no ensino da Matemática tem que se fazer a vários níveis. Vou tentar dar a minha contribuição para essa reflexão, focando primeiro algumas ideias gerais e, em seguida, algumas questões relacionadas com a investigação matemática, de modo a poder reflectir adequadamente sobre as grandes linhas orientadoras do uso da tecnologia no ensino da matemática. Todas as ideias precisam de ser debatidas, sem medo de divergências (incluindo ao nível das concepções base), pois só assim poderemos trabalhar no sentido de melhorar a Educação (e a Investigação), a todos os níveis, em Portugal. Ainda antes deste debate houve, há dois dias, um Encontro dedicado ao Ensino da Geometria onde pude ouvir e discutir reflexões deste tipo que, independentemente de uma pessoa concordar ou não concordar, são contribuições muito importantes.

Um dos elementos base que devemos considerar na nossa reflexão é o de actualmente o nosso sistema educativo estar estruturado em vários patamares, que são os patamares de saída. Ou seja, podemos dividir o sistema educativo de acordo com os pontos onde termina alguma formação inicial (excluindo pois a formação contínua): o nível do Ensino Básico (que actualmente vai até ao nono ano de escolaridade), o nível do Ensino Secundário (que actualmente só inclui os três últimos anos pré-universitários), o nível da licenciatura e o nível da pós-graduação. Podemos dizer que são estes os quatro patamares em que diferentes camadas de pessoas em Portugal terminam a sua formação inicial. Em cada um destes patamares há um certo tipo de ferramentas matemáticas (ferramentas no sentido mais lato do termo) com que as pessoas aprendem a trabalhar; em todas elas se deve reflectir que papel pode desempenhar a tecnologia, tanto do ponto de vista científico (que ferramentas computacionais devem os alunos dominar?), o que pode levar ao repensar da própria finalidade da matemática, como do ponto de vista pedagógico (que modos de ensinar com tecnologia se consideram mais adequados ou eficazes?). A minha posição base segue um pouco as propostas de Miguel de Guzmán contidas num artigo que já foi publicado em vários lados, que está disponível na Internet<sup>1</sup> e que saiu já há alguns anos no Boletim da Sociedade Portuguesa de Matemática<sup>1</sup>: temos determinadas ferramentas computacionais à nossa disposição, hoje, e devemos aprender a trabalhar de uma forma

---

<sup>1</sup> em <http://www.oei.es/edumat.htm>

inteligente com essas ferramentas, sem nunca perder a perspectiva de que no futuro essas ferramentas serão necessariamente mais evoluídas; assim, não é o pormenor da ferramenta que deve ser considerado importante, mas sim o modo de a utilizar e de a combinar com outras ferramentas.

Numa altura que não havia calculadoras como as de hoje, nem científicas nem gráficas, apenas máquinas de calcular mecânicas, houve um célebre debate (que acho do melhor que tem havido entre nós), entre Bento de Jesus Caraça e Sebastião e Silva; e digo do melhor, porque o que discutiram foram questões de fundo e, apesar de terminarem o debate a discordar, nunca deixaram de apresentar claramente as suas ideias. As questões de fundo eram, muito resumidamente (não há como ler o debate original<sup>1</sup>), que Bento Jesus Caraça entendia que certas questões seriam totalmente obsoletas e portanto o ensino do logaritmos devia ser reduzido dando-se mais espaço ao cálculo numérico aproximado e Sebastião e Silva achava que o ensino da matemática mudaria efectivamente com o aparecimento de máquinas de calcular e a generalização das tábuas de logaritmos, mas que os alunos deviam ter uma boa ideia do que era uma tábua de logaritmos, em particular propunha que os alunos construíssem manualmente uma tábua de logaritmos. Acho importante esta ideia base de que nós temos agora óptimas ferramentas, mas que no futuro serão certamente mais sofisticadas e, portanto, não interessa se são da marca A, B, ou C, se é necessário o procedimento A', B' ou C', o que interessa é a fundamentação da questão e que, qualquer que seja a ferramenta ou o instrumento que se use (e isto tem a ver com a tecnologia e com outro tipo de utilizações), é preciso ter o mínimo de sensibilidade e de compreensão sobre o que está a acontecer.

Focaria agora a investigação matemática e o modo de fazer matemática, alinhando alguns argumentos, tudo aquilo que couber nos poucos minutos que me restam.

De há alguns anos para cá tem aparecido um certo número de propostas sobre diferentes modos de trabalhar em Matemática. Numa perspectiva muito realista, é verdade que a Matemática é uma disciplina una, no sentido em que o novo conhecimento é construído não destruindo o antigo, mas integrando o antigo, eventualmente sob novas formas. O Teorema de Pitágoras é eterno (embora agora ninguém vá escrever o Teorema de Pitágoras exactamente como vinha nos elementos de Euclides aqui há muitos anos atrás), mas vão-se abrindo novas áreas, novas perspectivas e às vezes questões antigas que

---

<sup>1</sup> “Tendencias innovadoras en educación matemática”, Boletim da SPM, nº 25, Março 1993, p. 9-34.

se pensava estarem arrumadas são de novo repensadas; o caso mais exemplar é o da análise não standard: quando todos pensavam que já tinham percebido bem os limites e os infinitésimos eis que a análise não standard vem recomeçar a discussão, mas sem eliminar a análise clássica; a análise não standard é mais um acrescento em relação às perspectivas matemáticas anteriores.

Nessa perspectiva, no que diz respeito ao uso da tecnologia, aparecem algumas propostas significativas (só me vou referir às propostas sérias, porque também há sempre um debate muito reducionista e propagandístico, como aqui há alguns tempos um debate lançado por um texto que saiu na *Scientific American*, mas não vou referir esse tipo de questões...). Uma delas é a dum Centro de Investigação da Universidade Simon Fraser (Canadá) chamado “Centre for Experimental and Constructive Mathematics” onde pontificam matemáticos como Jonathan Borwein e Peter Borwein. Não sei se será único no mundo mas é o que vou referir pois, por um lado, conheço-o por já ter visto vários textos sobre ele, e por outro é o que tem maior profusão de informação na Internet<sup>2</sup>, que é actualmente uma das nossas fontes de informação de mais fácil acesso.

O Centro para a Matemática Construtiva e Experimental é um centro de investigação que enuncia como objectivo genérico o seguinte: “promote the interplay of conventional mathematics with modern computation and communication in the mathematical sciences”. Note-se que o que propõem são interconexões que não vão no sentido, e nenhuma proposta séria vai nesse sentido, de eliminar a matemática clássica substituindo-a por uma matemática nova, diferente. Este é um ponto fulcral. Na página desse centro na Internet pode-se ver (não posso mostrar aqui em pormenor) um número razoável de projectos de investigação que têm claramente tanto um sabor clássico renovado como um sabor totalmente modernizado: computação simbólica, problemas de complexidade e fenómenos computacionais, computação numérica, análise clássica computacional, análise aplicada e moderna computacional, teoria de números computacional, computação científica, redes tecnológicas de investigação cooperativa (ou seja, o desenvolvimento de ferramentas que permitem fazer investigação à distância em matemática usando tecnologia, de que há já alguns exemplos na Internet, como o projecto

---

<sup>1</sup> na revista “Gazeta de Matemática”.

<sup>2</sup> Ver em <http://cecm.sfu.ca/>

da Matemática Orgânica, e o Calculador Simbólico Inverso), o problema da visualização em matemática e questões filosóficas da visualização e da matemática experimental.

Dentro dessa reflexão filosófica, no texto “Experimental Mathematics: A Discussion”, J. Borwein, P. Borwein, R. Girgensohn e S. Parnes apresentam uma definição desta nova área: “Experimental Mathematics is that branch of mathematics that concerns itself ultimately with the codification and transmission of insights within the mathematical community through the use of experimental (in either the Galilean, Baconian, Aristotelian or Kantian sense) exploration of conjectures and more informal beliefs and a careful analysis of the data acquired in this pursuit. With respect to reliability and rigor, the main tools here are already in place. We need to stress systematization of our exploration. (...) it is important to clearly define what has been looked at, how things have been examined, and what confidence the reader should have in the data. Although mathematicians may not like to admit it, ease of use will have to be a primary consideration if experimental results are to be of widescale use. As such, visualization and hypertextual presentations of material will become increasingly important in the future. We began by stealing some of the basic tools of scientific analysis and laying claim to them. As the needs of the community become more apparent one would expect these tools and others to evolve into a form better suited to the particular needs of the mathematical community. Someday, who knows, first year graduate students may be signing up for Experimental Methods in Mathematics I”<sup>1</sup>.

Um dos projectos mais interessantes, que tem sido desenvolvido por uma equipa de investigadores dos “AT&T Labs”, é a enciclopédia electrónica das sucessões de números inteiros, em que, por um lado, se pretendem catalogar todas as sucessões de números inteiros (que surjam em qualquer problema matemático) e arranjar uma maneira de as descrever, além de ter uma visão integradora sobre todas essas possíveis sucessões. Por outro lado, dada uma qualquer sucessão, pretende-se encontrar um algoritmo que permita identificar qual é essa sucessão, qual é a sua origem, qual poderá ser uma definição matemática dessa sucessão. Existe até um pequeno serviço, disponível interactivamente e por correio electrónico, em que qualquer pessoa pode testar as suas propostas de sucessões<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> ver em “Proceedings of the Organic Mathematics Workshop - A Joint CRM / CECM Workshop in conjunction with the TeleLearning Research Network”, Simon Fraser University, December 12-14, 1995.

<sup>2</sup> ver em <http://akpublic.research.att.com/~njas/sequences/>

A questão da visualização matemática não é só uma questão pedagógica ou de transmissão de informação, é também uma questão vital relativamente à Investigação. Citaria apenas um exemplo muito breve, que é o do tema da "Mathematics Awareness Week"<sup>1</sup> de 1998, iniciativa que de há alguns anos a esta parte tem decorrido nos Estados Unidos (e que penso ser uma excelente iniciativa e que já mais de uma vez propus que fosse feita em Portugal). O cartaz do tema, "Mathematics and Imaging", mostra como é que a sofisticação matemática, aqui a Teoria das Onduletas, permite trabalhar uma imagem como nunca antes tinha sido trabalhada em termos científicos, substituindo uma imagem complexa por uma imagem simples e duas fórmulas matemáticas.

Chamo ainda a atenção para outras propostas que podemos considerar dentro da área da Investigação Matemática e que se enquadram nesta abordagem da matemática experimental. No livro "Os Problemas da Matemática"<sup>2</sup>, Ian Stewart analisa esta questão considerando que "o advento de uma geração de computadores, com gigantescas capacidades de memória, aritmética muito rápida e, acima de tudo, precisa, gráficos de alta resolução, mudou [completamente o panorama]. Os matemáticos podem examinar rapidamente uma grande quantidade de exemplos de fenómenos que lhes interessam (...), podem *pensar* sobre os padrões e regularidades revelados por essas experiências e ver se conseguem *provar* que tais padrões acontecem em geral". Ian Stewart põe a ênfase na investigação matemática e (abreviando um pouco) conclui que, se se vai treinar investigadores matemáticos, "é preciso *mostrar-lhes* o andaime, caso contrário ficam com uma ideia totalmente errada do que é investigação". Esta é uma proposta semelhante à que David Epstein e outro autor, propuseram num texto recente das "Notices" da American Mathematical Society<sup>3</sup>. Ele é também o editor principal de uma revista, relativamente recente, chamada "Experimental Mathematics", que segue esta linha de trabalho. É Investigação Matemática que abre novas áreas: há padrões e regularidades que são obtidos e que o desejável é que, um dia, esses padrões levem a conjecturas e essas conjecturas levem a demonstrações. Mas tanto a existência de padrões como a existência de conjecturas são suficientemente importantes e abrem suficientemente os horizontes da Matemática para que possam ser consideradas área interessantes e portanto objectivo de estudos e publicáveis.

---

<sup>1</sup> ver em <http://mam2000.mathforum.com/>

<sup>2</sup> ed. Gradiva, 1996.

<sup>3</sup> "Experimentation and Proof in Mathematics", Notices of the AMS, June 1995.

Não vou já detalhar a importância do uso da tecnologia na engenharia ou a importância do uso da tecnologia noutras aplicações mais comuns onde a matemática desempenha um papel importante. Aquilo para que eu chamava a atenção é que, em termos de ensino da matemática, temos de considerar as transformações da matemática enquanto ciência. Mas temos também de ver que essas transformações nos abrem novas perspectivas pedagógicas como as que tenho tentado explorar no ensino de análise matemática do primeiro ano, questões puramente pedagógicas, como seja o ensino das coordenadas polares e paramétricas com o auxílio da visualização; peço-vos que imaginem o que significa comparar diferentes sistemas de coordenadas com o suporte da visualização e a mudança na aprendizagem que isso representa.

Tudo isto significa que, obviamente, o ensino da matemática tem que sofrer alterações, como aliás sempre sofreu ao longo dos tempos. A matemática que nós ensinamos agora não precisa só de integrar conteúdos novos, conteúdos novos trazidos pela matemática recente, mas deve mudar também a forma dessa apresentação; por exemplo, o cálculo extensivo de primitivas já não tem sentido, apesar de esse cálculo extensivo ainda ser muito praticado em Portugal e noutros países. A situação em Portugal não é muito diferente de outros países em que há claramente um desajustamento em relação à realidade, mas temos de pensar que o desafio do uso da tecnologia não pode ser ignorado e tem que ser assumido a todos os quatro níveis terminais (com cambiantes muito variáveis, é certo). Quanto mais tarde nós o encararmos, mais problemas encontraremos no ensino da Matemática a todos os níveis.

# A ORGANIZAÇÃO DA COMUNIDADE MATEMÁTICA EM PORTUGAL

*Fernando Dias Agudo*  
(Academia das Ciências de Lisboa)

Começo por felicitar o CIM pela organização de mais este debate, da maior utilidade para a melhoria do estado da Matemática no nosso país, e por agradecer o convite que me fizeram para falar nesta sessão sobre “A organização da comunidade matemática em Portugal”.

Como nos foi dada plena liberdade para organizarmos as intervenções como entendêssemos, inicio a minha exposição com alguns dados quantitativos relativos à evolução de um certo subconjunto daquela comunidade – o dos matemáticos que têm trabalhos originais publicados, mais precisamente, daqueles que figuram no *World Directory of Mathematicians*. Trata-se de uma publicação da União Matemática Internacional, compilada de quatro em quatro anos (naqueles anos em que se realizam os Congressos Internacionais de Matemáticos) e a inclusão de matemáticos nesta publicação obedece a certos critérios, sendo o mais comum o de terem publicado trabalhos referenciados ou na *Mathematical Reviews* ou na *Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete* ou numa terceira revista análoga que se publicava na URSS.

Em 1970 o *Directory* continha apenas 15 matemáticos portugueses. Fui depois buscar os dados de 1994<sup>1</sup> e, para se avaliar melhor a evolução que se deu, incluí também os de outros países europeus com populações sensivelmente iguais à nossa ou inferiores.

---

<sup>1</sup> É possível que já haja números de 1998 - em Agosto desse ano realizou-se em Berlim um Congresso Internacional de Matemáticos - mas não os conheço ainda.

Países	(1) Em 1970	(2) Em 1994	Relação (2)/(1)	N.º de mat./ 10 <sup>6</sup> hab.(em 1994) <sup>1</sup>
Áustria	56	230	4,1	28,7
Bélgica	66	321	4,9	31,8
Bulgária	100	507	5,1	
Dinamarca	70	252	3,6	48,5
Finlândia	62	201	3,2	39,4
Grécia	17	201	11,8	19,3
Hungria	215	376	1,7	
Irlanda	50	207	4,1	57,5
Noruega	46	69	1,5	
<i>Portugal</i>	<i>15</i>	<i>178</i>	<i>11,9</i>	<i>18,0</i>
Suécia	131	319	2,4	36,3
Suíça	102	268	2,6	

Portugal, a par da Grécia, foi dos países em que mais aumentou o número de matemáticos, resultado, não só de um valor inicial excepcionalmente baixo, mas também de medidas que foram tomadas no início da década de 70, com simplificação de doutoramentos e outras provas, expansão do ensino superior, etc.

A última coluna mostra, porém, a situação de grande inferioridade em que ainda nos encontramos em relação a outros países da União Europeia, pequenos como o nosso. E o que se passa com a Matemática passa-se com a ciência em geral. Costumo, mesmo, dizer que, em relação à média europeia, cada um de nós tem de trabalhar por dois ou três porque, realmente, é essa a desproporção que existe no número de cientistas por milhão de habitantes.

Outro facto que pretendo realçar é o seguinte:

Saiu há 15 dias, se tanto, uma publicação do Centro Nacional de Cultura intitulada *Portugal 45-95 nas artes, nas letras e nas ideias* e, no capítulo dedicado à Ciência, em que também colaborei, surgem listas dos dez acontecimentos que cada um de vários cientistas considerava mais importantes nesse meio século de 1945 a 1995. Pois o Professor João Caraça inclui, entre os que escolheu, o facto de, em 1983, o número de doutoramentos, por ano, feitos no país, ter ultrapassado o dos doutoramentos obtidos no estrangeiro. Ora, quando Presidente do INIC (1980-1983), também entendia que se estava a prolongar demasiado uma situação característica dos países atrasados, em que toda a gente vai fora

<sup>1</sup> Para países da União Europeia.

fazer o seu doutoramento, sendo praticamente nulo o número de doutorandos estrangeiros em Portugal. Era, por isso, de opinião, que só se justificavam longas estadas fora do país quando se tratasse de matérias consideradas importantes e que não fossem ainda cultivadas entre nós.

Feitos estes comentários de carácter quantitativo, passarei agora a um dos tópicos que era sugerido pela Comissão Organizadora – a intervenção da comunidade matemática nos planos legislativo e político, uma vez que, ao longo dos últimos anos, me têm preocupado bastante as relações entre políticos e cientistas.

Falei atrás da União Matemática Internacional (IMU das iniciais em inglês) como responsável pela publicação do *World Directory of Mathematicians*. Portugal há muitos anos que está filiado na União através do chamado organismo aderente, que já foi o Instituto de Alta Cultura e depois o INIC. De acordo com os Estatutos, deve o organismo aderente constituir uma Comissão Nacional para as relações com a IMU e isso fiz, quando Presidente do INIC, com representantes de departamentos universitários e sociedades científicas de Matemática. Em dada altura, porém, eu próprio sugeri que o organismo aderente passasse a ser a Sociedade Portuguesa de Matemática, à semelhança do que acontecia noutros países, mas sem êxito. É que, entre nós, ainda se entende que estas representações, mesmo em organizações não governamentais, têm de ficar a cargo de organismos da Administração Central; e como estes não têm disponibilidade para tratar de todas as questões, acabamos por não estar presentes onde devíamos, como sucedeu na Assembleia Geral da União Matemática Internacional de 1998.

Permitam-me que cite um outro exemplo, embora não diga respeito à Matemática: a IMU faz parte do ICSU, Conselho Internacional das Uniões Científicas, hoje chamado Conselho Internacional para a Ciência, sucessor de um outro organismo de que a Academia das Ciências de Lisboa foi, em 1919, um dos 16 membros fundadores. Há uma dúzia de anos, numa Assembleia Geral a que assisti, o ICSU lançou o programa IGBP (“International Programme Geosphere-Biosphere) para estudo das alterações climáticas e do ambiente, em geral, à escala mundial (daí o programa ficar conhecido por “Global Change”). Os vários países presentes passaram a constituir comissões nacionais para dinamizarem o programa. A nossa Academia das Ciências, como membro do ICSU, procurou também promover a formação de idêntica comissão, dando-se até a circunstância feliz de o Presidente ser, então, um dos maiores especialistas mundiais da teoria do

clima – o Professor Pinto Peixoto. Pois, apesar disso, não obtivemos luz verde para se constituir a comissão, e Portugal, uma vez mais, não acompanhou, na altura própria, realizações internacionais de grande relevância.

Entre nós – repito e insisto – ainda se julga que tudo deve ser feito pelos governos ou por organismos oficiais. Devem lembrar-se que, a propósito da regionalização, alguns governantes diziam que tinham demasiados poderes...mas, afinal, não aceitam transmitir alguns deles para a sociedade civil.

E por hoje não me alongo mais...

## A ORGANIZAÇÃO DA COMUNIDADE MATEMÁTICA EM PORTUGAL

*Carlos Braumann*

*(Departamento de Matemática - Universidade de Évora)*

Eu queria, em primeiro lugar, agradecer à organização o convite que me foi feito para falar sobre a organização da Matemática em Portugal; talvez por eu ser um pouco desorganizado, isso ajude.

Há pouco discutiam-se os benefícios ou malefícios dos meios tecnológicos. Não sei se têm benefícios ou malefícios, naturalmente terão uns e outros, mas certamente o malefício da sua discussão foi termos começado um bocado tarde e termos de limitar um pouco a nossa.

Vou focar, também, o problema da intervenção em termos legislativos e políticos das organizações matemáticas.

Nós temos organizações, julgo que suficientes, da comunidade matemática em Portugal. Temos a Sociedade Portuguesa de Matemática e talvez essa sociedade devesse ter representação, como disse o Professor Dias Agudo, na União Matemática Internacional. Sei que está ligada à European Mathematical Society. Temos também a Sociedade Portuguesa de Estatística. As Probabilidades e a Estatística têm sido muito esquecidas, mas também são matemática e têm, neste momento, uma sociedade científica própria, por força, quiçá, de um certo ostracismo que lhe votou a comunidade matemática. Esse ostracismo existe de alguma maneira, não é em todos os sectores, mas sente-se. Temos associações profissionais, a Associação de Professores de Matemática. Temos, naturalmente, os sindicatos, onde estão também Professores de Matemática, mas que, no contexto nacional, representam essencialmente interesses corporativos. Têm, de facto,

desempenhado essa função essencial, mas, infelizmente não têm tido grandes preocupações de outra natureza. Temos os Departamentos de Matemática e de Estatística das várias Universidades e das várias Faculdades. Temos os sectores de Matemática dos Institutos Politécnicos. Temos os Centros de Investigação e o Centro Internacional de Matemática. Portanto, temos muitas organizações. A questão talvez esteja, não na ausência de organizações, mas de, em certos aspectos, elas não estarem organizadas para a realização de certos fins, particularmente para intervenção na sociedade.

Em termos legislativos e políticos, eu noto que os vários governos têm privilegiado os sindicatos, mesmo em questões que não são predominantemente sindicais, ou que não são exclusivamente sindicais. Estou a pensar no estatuto de carreira do sector universitário, no estatuto de carreira de investigação, na legislação sobre os complementos de formação para Professores do Ensino Básico e Secundário, onde claramente a sociedade científica foi ignorada e a negociação foi, ou tem sido até agora, exclusivamente por via sindical. Têm privilegiado as Escolas Superiores de Educação, em detrimento das Universidades, em muita legislação que tem sido produzida sobre a formação de Professores, mesmo quando isso prejudica a qualidade da formação. Enfim, podia dar muitos exemplos. Têm ignorado as sociedades científicas, Sociedade Portuguesa de Matemática e Sociedade Portuguesa de Estatística, em questões extremamente importantes. Veja-se, por exemplo, a legislação que tem saído sobre as habilitações para a docência da Matemática nos Ensinos Básico e Secundário, em que as sociedades científicas foram ultrapassadas e, ou não foram chamadas a intervir ou, se o foram, essa intervenção foi totalmente ignorada pelo poder político, pelo que só lhes restou protestar.

No que se refere à formação de professores, por exemplo, os processos de acreditação de licenciaturas e mestrados e da formação contínua dão um peso diminuto ou mesmo nulo à comunidade científica. O Ministério da Educação tem uma grande alergia à cultura científica nas escolas. Talvez por isso os cientistas tenham sido arredados das estruturas de decisão, a ponto de ser o Ministério da Ciência a ter de fazer alguma coisa pela educação científica a nível básico e secundário e através de alguns pensos rápidos, como sejam as ligações à Internet, a informática nas escolas, os laboratórios para as ciências de investigação experimental. Talvez não se justificasse em Portugal a existência de dois Ministérios, mas essa é outra questão. Talvez uma das explicações para a alergia à cultura científica do Ministério da Educação esteja nas suas estruturas, que têm sido

dominadas ultimamente por pedagogos. Há pedagogos de grande qualidade cuja intervenção é importante, mas não se deve descurar a participação dos cientistas e é essencial dar atenção à cultura científica de qualidade na formação dos cidadãos. Isso não tem sido feito e poderá trazer à sociedade do futuro graves prejuízos, obviamente já inevitáveis neste momento.

Ultimamente, tenho receio que a comunidade pedagógica queira também tomar conta das estruturas universitárias, pois vejo alguns sintomas disso. Note-se que a sua intervenção é importante, mas tem tido, talvez, demasiado protagonismo em detrimento de outros sectores. Os meus receios fundam-se em sintomas como falar-se com muita insistência da formação pedagógica dos professores da Ensino Superior, o que está ligado ao crescente tratamento infantilizado dos alunos. Já ouvi falar, no outro dia, ao Senhor Ministro da Educação, na necessidade de criar mecanismos de remediação, digamos assim, para as disciplinas problemáticas do Ensino Superior. Isso como condição para a continuidade do financiamento dos alunos que chumbam várias vezes. Naturalmente que alguma coisa terá que ser feita (e isso foi aqui discutido), mas temos que ter muito cuidado para não se cair em soluções rápidas fundadas em mecanismos administrativos de sucesso pseudo-educativo, pois essas tentações podem surgir quando está em causa ficar com ou sem o financiamento.

A intervenção da comunidade matemática, no entanto, apesar de todos estes problemas, tem existido. Sei que existiu a nível de programas do Ensino Básico e Secundário, talvez com uma certa secundarização. Sei que as sociedades científicas tiveram participação nesse processo; não sei se o seu papel foi de protagonista ou simplesmente acessório. Mas, em qualquer caso, pelo menos foram ouvidas. Têm tido também um papel de protesto em relação a medidas legislativas que são lesivas da formação matemática dos nossos estudantes de todos os níveis do ensino. Protestaram, com certeza, quanto ao diploma sobre as habilitações requeridas para a docência da Matemática nos Ensinos Básico e Secundário. Protestaram sobre muitas outras coisas, mas tem sido uma acção de protesto e não de intervenção organizada. Não por culpa, naturalmente, das sociedades científicas, mas por o poder político não as ter ouvido. Julgo que precisamos de reivindicar um papel mais activo. As sociedades científicas devem ter o papel de liderança, sem prejuízo da intervenção de todos os outros sectores.

Esta necessidade de a comunidade matemática desempenhar um papel mais activo resultará, julgo, não tanto por o reivindicarmos (porque nem sequer nos ouvem), mas por fazermos sentir a nossa presença na sociedade. No momento em que as sociedades científicas tenham uma presença activa na sociedade civil, nos *media*, o poder político sentirá necessidade de as ouvir, mais que não seja porque, quando fizer algo que as sociedades consideram menos bem, as medidas de protesto destas terão audiência nos *media*. Da próxima vez, o poder político quererá prevenir essa situação, ouvindo a comunidade científica. Portanto, julgo que reivindicarmos um papel mais activo passa, naturalmente, por nos fazermos representar na sociedade e nos meios de comunicação social. Isso terá também um efeito positivo sobre o ambiente social actual que condiciona as crianças a terem horror à Matemática, com as consequências desastrosas que isso tem para o desenvolvimento económico do país. É preciso, também, alterar a visão que a sociedade tem sobre a importância da Matemática para o desenvolvimento do país e criar a convicção de que ela é essencial até para o futuro dos seus filhos, mesmo do ponto de vista económico, da sua inserção social e profissional. É preciso incentivar o gosto pela Matemática, e não apenas pela Matemática, mas, de um modo geral, pela cultura científica. As coisas estão ligadas e não podemos ver a Matemática isoladamente, mas ligada a toda uma cultura científica que tem estado um tanto arredada da sociedade. Temos que investir fortemente na divulgação. Esta divulgação, para ser eficaz, tem de ser feita ao nível das escolas mas, para chegar ao grande público, também tem de ser feita ao nível dos meios de comunicação social. O nosso objectivo é que chegue não só às crianças, naturalmente, mas que chegue também aos adultos.

Como é que poderemos conquistar os *media* para estes objectivos? Não sei a resposta, lançava só a questão para o debate; julgo que não será fácil e temos todos que pensar um pouco sobre os meios para atingir estes resultados.

O Ano Internacional da Matemática no ano 2000 talvez seja o nosso cavalo de Tróia para entrar nesses circuitos, talvez venha a ser falado e divulgado em vários países e também as modas pode ser que cheguem aqui e, através disso, talvez seja um mecanismo de sermos ouvidos na sociedade. Nessa altura o poder político começaria também a ouvir-nos.

Também temos, naturalmente, que ter outras intervenções, por exemplo a nível da educação e da formação contínua, mas sobre isso já discutimos muito. A formação

contínua, aos mais variados níveis, é extremamente importante porque julgo que cada vez mais o Ensino Superior vai deixar de ser apenas uma instituição de formação inicial. Como é que essa intervenção se poderia fazer e como é que se poderia melhorar? Julgo que não há aqui que fazer grandes esforços de criação de organizações. Já temos estruturas montadas, temos os Departamentos de Matemática e Estatística dos vários sectores que desempenham essa função. Temos também as Sociedades Portuguesa de Matemática e de Estatística e o Centro Internacional de Matemática, que podem ainda ter um papel importante na coordenação de esforços de cooperação entre as várias instituições intervenientes. Talvez valha a pena termos mais discussões como esta sobre estes assuntos, nem que seja ao Sábado ou Domingo, pois, como disse o Professor Dias Agudo, temos que trabalhar por três.

A intervenção a nível de investigação faz-se nos nossos Departamentos. O papel do Centro Internacional de Matemática na investigação também me parece importante. Há, naturalmente, que haver mecanismos de financiamento, mas a questão de saber se a organização que temos é mais ou menos adequada é uma questão que eu não gostaria aqui de discutir. Temos também, agora, os nossos Centros de Investigação em Matemática que, de certa forma, em muitas Universidades, são estruturas que praticamente coincidem com os Departamentos de Matemática. De facto, foram criados essencialmente porque era o único mecanismo (através da JNICT e, posteriormente, da FCT) para angariar fundos para o financiamento básico de investigação. Não sei se é a melhor forma, não digo a nível de projectos de investigação (aí, sim, julgo que deve haver organismos que financiem projectos e que esses projectos devem ser objecto de avaliação e tudo isso), mas, quando se fala de financiamento básico, não sei se não devia haver um mecanismo mais simples e mais automático. Mesmo que esse mecanismo não beneficiasse das vantagens da avaliação e, portanto, tivesse alguns desperdícios financeiros por essa via, talvez ele evitasse os outros desperdícios que, são quanto a mim, muito mais graves, a saber, os desperdícios de tempo e de consumo de burocracia associada que talvez pudéssemos evitar. Muitas vezes, ganha-se um pouco em termos financeiros por termos mecanismos de avaliação que evitam financiar actividades que não produzem. Mas, será que, para ganhar uns 10% dessa maneira, não acabamos por gastar esses 10% ou mais em estruturas e mecanismos de avaliação, para além do gasto de um bem muito mais precioso, que é o tempo roubado aos investigadores? Preocupa-me que, cada vez que é preciso apanhar um tostão, seja preciso

preencher uma data de papéis e passar pela penosa e demorada elaboração de relatórios. O pior é que os papéis e as regras mudam todos os anos. Deixo para reflexão um possível mecanismo mais simples e automático de financiamento básico para a investigação, destinado a todos os docentes/investigadores a tempo inteiro nas Universidades: um décimo quinto mês que não era para o bolso, era para despesas de investigação devidamente documentadas. No caso de certas despesas, como em equipamento informático ou bibliográfico, o equipamento ficaria na posse da instituição mas à disposição dos investigadores. Era um mecanismo simples de financiamento, podia até transitar o saldo de um ano para o outro. Não existiriam estruturas de avaliação. Naturalmente, um ou outro investigador poderia fazer um uso menos adequado ou ser pouco produtivo, mas ganhava-se mais tempo para investigar por quase não haver burocracia. Trata-se, repito, do financiamento básico. Não estou a falar de financiamento de projectos, isso é outra coisa completamente diferente. É uma ideia que lanço, que teria alguns inconvenientes mas também poderia ter muitas vantagens.

Julgo que a nível de investigação, uma coisa que nos faz muita falta, hoje, para sermos mais sentidos na sociedade (quer no sentido estrito, de comunidade científica, quer no sentido geral), seria por exemplo, uma maior colaboração com outras áreas científicas, um incremento da investigação interdisciplinar. Isso poderia trazer-nos também benefícios a nível do ensino. Alguns problemas que encontramos aqui, nas críticas que outros sectores fazem ao ensino da Matemática e numa certa sensação que aí grassa de que a Matemática não é muito útil (donde uma tendência para reduzir os currículos de Matemática no ensino superior em favor das cadeiras da especialidade), poderiam diminuir se houvesse uma maior interdisciplinaridade na nossa investigação. Os nossos colegas de outros sectores, principalmente os que colaborassem connosco, sentiriam que a Matemática faz falta nos seus cursos. Isso em Portugal tem sido pouco desenvolvido e até tenho visto, nas estruturas (da JNIT, FCT, INICT) de avaliação de projectos (e de programas de intercâmbio e outros) em que tenho estado, que os projectos interdisciplinares são muito mal tratados porque ninguém os quer. Como não pertencem a este sector nem aquele, acabam por ser rejeitados por ambos. Para obviar a essa tendência dos avaliadores, talvez fosse boa ideia criar mecanismos específicos para este tipo de actividades interdisciplinares. Os próprios autores destes projectos não sabem como é que é melhor classificá-los. Portanto, devia haver uma atitude especial para esta situação. A cooperação com a indústria, com as

actividades económicas, também é muito débil no nosso País e, no caso da Matemática, poderia haver uma colaboração bastante interessante que também precisaria, talvez, de mecanismos de apoio e de financiamento próprios que incentivassem essa cooperação.

Outra coisa que também acho importante era a cooperação entre bibliotecas universitárias. Nós sabemos as carências que as bibliotecas têm em termos financeiros, principalmente em termos de revistas. Se houvesse uma estrutura de cooperação institucional entre as várias bibliotecas universitárias, com mecanismos rápidos de empréstimo, envio de artigos por fax, ou por correio electrónico, ou outro sistema adequado, poderíamos ganhar todos muito com isso. Não sei se a FCT quererá, se calhar já pensou nisso, financiar uma estrutura que organizasse as várias bibliotecas e que permitisse essa cooperação.

Havia muito mais de que poderia falar, mas o tempo escasseia. Direi apenas, em jeito de resumo, que me parece não serem necessárias novas organizações, antes devemos pôr as organizações que temos a funcionar melhor e de forma mais coordenada, tendo em conta os objectivos a atingir, entre os quais está uma maior intervenção na sociedade.

## **A ORGANIZAÇÃO DA COMUNIDADE MATEMÁTICA EM PORTUGAL**

*Graciano de Oliveira*

*(Presidente da Sociedade Portuguesa de Matemática)*

Interpretei o título desta discussão: “A Organização da Comunidade Matemática em Portugal”, num sentido um pouco mais lato e pensei falar não só da organização mas também do inter-relacionamento das próprias pessoas, de nós, que compomos essa comunidade. Vou dizer algumas coisas sem preocupações, antes pelo contrário, de ser politicamente correcto. E vou dizer aquilo de que estou convencido, que pode ser desagradável, mas é o que penso. Chamo a atenção para isso, é o que eu penso, a ideia que tenho. Agora podem pôr-se duas hipóteses, que admito perfeitamente: a ideia que tenho nem sequer corresponde à realidade e estou completamente enganado, ou não. É claro que vou focar sobretudo coisas que acho negativas, portanto que convém modificar e omito tudo aquilo quanto é bom, que também há, porque isso não vale a pena modificar, pelo menos no sentido de piorar. Tentarei ser breve para dar oportunidade a que haja debate. É dentro destas perspectivas que me coloco para começar.

Um dos primeiros problemas que vejo na comunidade matemática portuguesa, de que não gosto, é a extrema hierarquização. Há uma tendência tal para hierarquizar segundo a antiguidade académica - eu andei muitos anos na tropa, mais do que gostava na altura - que me faz lembrar a vida militar. Acho que a disciplina e a hierarquia militar para fins militares estão bem imaginados. Mas para fins universitários não, rigorosamente, não servem. Chega-se a tal ponto que já ouvi colegas meus chamarem generais aos catedráticos: “Os catedráticos são os generais, eles é que devem avançar”. Outra coisa que também aparece, a que já assisti, ou de que tive notícia é aquele argumento, numa

discussão, não de matemática mas de política universitária, aquele argumento definitivo: “Esteja calado que eu tenho razão, eu sou catedrático, você é professor auxiliar e, portanto, é muito jovem, ainda tem pouca experiência nesta questão”. Ora isto são sintomas reveladores da hierarquização que acho que não contribui para criar aquele clima mais apropriado nos meios de investigação, onde deve predominar a livre argumentação.

Segundo ponto. Somos demasiado dependentes do estrangeiro. Não somos só nós, é toda a comunidade científica. Mais, é uma característica do povo português, que vem de longe, a ideia de que a salvação há-de vir de fora. Há razões. Compreende-se, nós tivemos um período, por exemplo, quando eu me licenciei, quando era estudante, em que a Matemática estava completamente a “bater no fundo”. Cada Departamento teria três, ou quatro, ou cinco pessoas doutoradas e nem se sabia o que era a investigação. Ainda há relativamente pouco tempo, há vinte e tal anos, em 1968, eu tinha estado vários anos ausente do meu Departamento, na tropa e no estrangeiro, reapareci e fui muito bem sucedido e ganhei rapidamente um grande prestígio (modéstia à parte) nos meios académicos porque eu sabia o que era um “paper”, sabia o que era uma revista, o que eram “referees” e parece que mais ninguém sabia. Bom, alguma razão há para a nossa tradicional dependência, diria falta de auto-confiança. Eu gostava que ela fosse ultrapassada, quer dizer que a nossa convivência com os colegas de outros países fosse mais em termos de igualdade e não em termos de dependência, por vezes extrema, havendo casos de Departamentos cuja política principal, em matéria de investigação e de doutoramento e pós-graduação é, pura e simplesmente, escrever cartas de recomendação e mandar as pessoas para outros países, sem que exista o vice-versa. Eu até já pensei que era interessante haver uma regra, ou uma lei, que dissesse: cada Departamento, por cada estrangeiro que tenha cá a doutorar-se tem o direito a mandar cinco bolseiros para fora.. Portanto, um Departamento que não tivesse um estrangeiro a ser orientado cá, não poderia enviar nenhum bolseiro para fora. Bem eu acho que era melhor termos uma cota mínima, mas pequena, porque se não era uma desgraça, haveria Departamentos onde ninguém se doutoraria. Uma regra destas, talvez contribuisse para nos obrigar a sermos mais independentes, mais próximos dos países avançados. Este estado de coisas não tem muito a ver com a pequenez, o tamanho do país. Eu cito um só caso, o da Hungria. É um país em área, em número de habitantes, muito semelhante ao nosso, tem uma comunidade científica, que até conheço razoavelmente, pelo menos nalgumas áreas, que tem uma auto-

confiança e uma auto-suficiência que não tem paralelo com aquilo que acontece em Portugal. Penso que o que se passa em Portugal é negativo e que era um dos pontos a modificar, tornarmo-nos parceiros dos outros em pé de igualdade ou quase, promovendo o intercâmbio na base do interesse mútuo.

Terceiro ponto. Falta-nos espírito associativo e isto tem a ver até com o que vou dizer mais adiante a respeito do papel da Sociedade Portuguesa de Matemática. Temos uma comunidade matemática extremamente sobrecarregada com as mais variadas tarefas. É difícil encontrar alguém que não seja Presidente ou Vice-Presidente de qualquer organismo, do Concelho Pedagógico disto, daquilo, etc., ou então que não esteja, em vez disso, a dar aulas noutra Universidade; dos que restam, quando nós queremos pedir-lhes apoio, por exemplo, para trabalhos da S.P.M., há pouca disponibilidade, há os problemas da vida particular, há os que referi ou então, pura e simplesmente, estão a investigar. O número dos que ficam efectivamente livres para qualquer outra actividade é pequeno. Há uma burocracia terrível também que se tem avolumado nos últimos anos e que é outra coisa que não me agrada. Para além destas razões objectivas, penso que há falta de espírito de associativismo e demasiada reverência perante o Estado, perante o que vem de cima e não de nós.

Agora vou passar a um ponto parcialmente inspirado no que disse o Prof. Dias Agudo e o Prof. Carlos Braumann. Há uma tendência, e eu acho que não é só na comunidade universitária, é em todo o povo português, isso tem sido escrito e debatido nomeadamente por historiadores, estou a lembrar-me de umas coisas que li recentemente do António Barreto, é tradicional, vem de há muitos anos, entre nós portugueses descarregar para cima do Estado, temos uma sociedade civil (eu tenho uns certos cuidados com este conceito por várias razões que aqui não vou explicar) com grandes fraquezas. Acontece frequentemente, se alguma coisa corre mal, se nós não investigamos, se temos outros problemas, o argumento definitivo é este: a culpa é do Ministro ou a culpa é do Governo, ou a culpa é do Estado. Existe uma fraca tradição de iniciativas nossas, em particular de associativismo e de iniciativas das pessoas através das suas associações. Nota-se isso, agora tentando dar um contributo original, por exemplo, nos Sindicatos. Os Sindicatos dos Professores têm efectivamente um papel a desempenhar, e desempenham, e reivindicam coisas em nosso nome. E eu tenho reparado nisto, cada vez que um Sindicato convoca ou convida as pessoas para discutir qualquer problema que nos diz directamente respeito, eu tenho ido a

algumas reuniões, verifico que muito poucos aparecem e os que aparecem geralmente não são de Matemática. Há uma frase muito característica que é: “Eu não quero saber do Sindicato porque o Sindicato não faz nada por mim” ou “eu não quero saber da S.P.M. porque não faz nada por mim.” Eu digo assim: “Mas que conceito é que as pessoas têm destas associações; a S.P.M. não somos nós, os sócios, ou é a Direcção?”. Dá impressão que quem diz isso, diz que a S.P.M. são aqueles cinco “maluquinhos” que são da Direcção e eles não fazem nada, não são capazes, portanto eu não tenho nada a ver com aquilo. Logo não critico e candidatar-me, nem pensar. O mesmo se passa com o Sindicato. Quer dizer, estão a tomar o Sindicato como sendo os dirigentes, como quando dizem o Governo não faz nada, pelo menos, aquilo que eu queria, no fundo também parece que quer dizer, a comunidade portuguesa reduz-se àqueles dezassete Ministros que não fazem o que se esperava. Isto dever-se-á, em parte, aos muitos anos de ditadura, e não me refiro só à última, em que o poder eram “eles”. Eram “eles” que sabiam e decidiam. Algo talvez parecido com a teoria da origem divina do poder dos Reis. Quem comunica com a divindade é que sabe. O Estado tem, no meu entender, um papel importante, mas da parte dos cidadãos, se houver demasiada reverência perante o Estado, há deficit de democracia.

Ora bem, referindo agora, como não podia deixar de referir, a S.P.M., da qual eu tenho algum conhecimento e alguma experiência, penso que tem um papel importante, muito importante mesmo, a desempenhar e não vou dizer qual, por razões de tempo. Ora um dos problemas com a S.P.M. que eu penso que existe é que não é suficientemente sentida como nossa, mas a S.P.M. somos nós, os associados. Não é suficientemente sentida pela generalidade da comunidade matemática, como sendo a sua sociedade. Há muitas coisas que a Sociedade podia fazer. Bom, mas não é fisicamente possível ser feito por cinco dirigentes e mais meia dúzia de colaboradores. Posso dizer uma coisa, desde que sou Presidente, apoio moral nunca me faltou dos meus colegas. Recebo inclusivamente e-mails: “Graciano, tens todo o meu apoio moral nisto, naquilo, etc.” Dinheiro, isto se calhar também não é conveniente dizer-se em público, mas para falar verdade dinheiro, sendo um problema, às vezes não é o principal. Se a Sociedade não é mais eficiente não é por falta de apoio moral, nem é por falta de dinheiro, mas principalmente por falta de colaboradores. Quando nos dão apoio moral, passamos à fase seguinte: “Então dá um apoio material e faz isto”. A resposta clássica é: “Desculpa lá, mas neste momento é impossível.” Quer dizer, não conseguir pessoas para trabalhar, eventualmente porque são presidentes, vice-

presidentes ou dão aulas em várias Universidades, ou têm problemas na sua vida privada que o impede, é um problema objectivo e concreto, que é um impeditivo. É impeditivo obviamente de que se faça mais. Claro podem responder, e eu aceito: “Não é nada disso, o problema está nos cinco dirigentes que são todos de qualidade inferior, a começar pelo Presidente.” Se a Direcção é sempre fraca, e tem havido sempre listas únicas, concluo que há de facto um déficite democrático por apatia. Não me ofendo nem me sinto insultado se o disserem. Agora uma coisa que está muito na “berra”, é em polémicas, tenho uma colecção de artigos de polémicas, as pessoas, à falta de melhor argumento, sentem-se insultadas. É outra coisa que penso, nós, a comunidade universitária, somos avessos à discussão aberta, com grande tendência para lhe pôr limites. Andei a coleccionar artigos de polémicas que têm por aí decorrido, em que a pessoa se considera insultada pelo outro interveniente, ou pela outra parte, e começam assim: “Eu fui insultado, não é preciso insultar quando se tem ideias contrárias” e eu às vezes vejo-me grego para perceber onde está o insulto. Se o insulto é dizer a quem escreve asneiras que não percebe nada do assunto, então não se pode falar. Se isto é um insulto, não é esse o meu conceito de insulto.

Ora bem, ia eu a dizer que a culpa pode ser pura e simplesmente da Direcção e do Presidente, eu admito isso, mas também vos lembro uma coisa, as grandes crises da S.P.M. são no final dos mandatos, quando ninguém se quer candidatar. O que é completamente diferente do que acontece, não direi em todos, mas em alguns países eu sei que isso acontece, que é uma das honras mais extraordinárias uma pessoa conseguir ascender a este elevado posto que eu agora ocupo. Ninguém me reconhece essa honra, ou poucos o reconhecem, mas eu reconheço-a a mim próprio. Garanto-vos que é um dos pontos do meu Curriculum em que tenho mais orgulho e quero que seja conhecido. Também vos garanto, gostava que houvesse mais pessoas a sentirem assim e quando houvesse eleições eu tivesse um adversário, também não me vou recandidatar mais, estou suficientemente velho e já fiz mandatos suficientes para não voltar.

Há aqui outra coisa que já foi discutida e até consta de sugestões que me deram, *Representação e Intervenção da Comunidade Matemática nos Planos Legislativo e Político*. Eu pessoalmente e as Direcções em que tenho sido Presidente, e já vou no segundo mandato consecutivo (terceiro se contar o de há dez anos), não nos temos poupado a esforços para que a Sociedade tenha maior intervenção nesse aspecto. Simplesmente não podemos fazer tudo e posso dizer que também há uma grande falta de

sensibilidade, sobretudo do Ministério da Educação. O Ministério da Educação solicita a S.P.M. a fazer-se representar na discussão de matéria pedagógica, ou dirigida ao Ensino Secundário. E a S.P.M. tem-no feito com alguma energia, onde geralmente está a defender posições minoritárias. Mas no aspecto científico, também diz respeito ao Ministério da Educação, este até tem um Secretário de Estado do Ensino Superior, nunca o Ministério da Educação solicitou qualquer opinião e, como Sociedade científica, se calhar era mais natural solicitar-se nesse sector, do que no da pedagogia. O que não impede que a S.P.M. por algumas vezes, sem ter sido solicitada, lhe tenha dito alguma coisa sem obter resposta. Também um facto óbvio a salientar é que uma sociedade científica não é um Sindicato nem é um Partido, nem tem que andar em lutas nem manifestações, nem coisas desse tipo. Uma sociedade científica deve comportar-se de outra maneira, por exemplo, apresentando estudos, apresentando pareceres, enfim o mais sérios e aprofundados que possa. Eu penso que isso tem pouco peso junto, hoje, do Ministério da Educação. Quer dizer, tem muito mais peso uma manifestação de estudantes, só que para a S.P.M., não é essa a sua vocação nem o seu papel, não pode nem deve convocar manifestações, nem andar a fazer barulho nas ruas, isso retira-lhe, na situação em que estamos, uma grande parte do peso. Quem faz mais barulho é mais ouvido, claro. Mas posso dizer-vos que tem procurado, a esse nível, actuar nos Ministérios, na Assembleia da República, etc. Às vezes lá se recebe um cartãozinho a dizer: “muito obrigado por nos ter mandado a sua carta...”, outras vezes nem isso.

Outro sector em que há grandes problemas é nos “media”, também é um problema. Eu já disse isto repetidas vezes, na sociedade portuguesa, penso eu, há três níveis de interesse, por ordem decrescente: a instância desportiva, se um português cometer um feito, e muito justamente, eu não sou contra o desporto, se houver um feito importante no campo desportivo, o país levanta-se, somos uns heróis, os media noticiam até à exaustão, com os golos repetidos em câmara lenta etc.. Depois, há a instância ou nível das humanidades, das artes, etc., enfim, se um português fizer qualquer coisa a nesse nível, também se dá alguma atenção, embora não tanta. Se o Saramago metesse muitos golos tinha de certeza muito mais fama e mais imagens em câmara lenta e de vários ângulos, do que ganhando o prémio Nobel, apesar de tudo deu-se-lhe alguma atenção. Depois no nível mais baixo, vêm os feitos científicos. Estes em Portugal não são noticiados devidamente, a sociedade portuguesa, não sei porquê, não está sensibilizada, nem dá atenção a esses fenómenos, são

praticamente irrelevantes. Não podemos acusar os desportistas e os humanistas por se terem alçadorado à posição em que estão. Uma parte do defeito está em nós próprios que não nos sabemos impor. Nós nunca podemos acusar os outros de serem espertos e saberem mexer-se. É uma acusação que não se pode fazer, embora haja tendências nesse sentido, mas é preferível que sejamos mais activos.

A penetração nos media é extremamente difícil para a Ciência e é uma coisa que eu tenho notado desde que sou Presidente da S.P.M.. Às vezes há notícias que aparecem nos jornais, na rádio mas é extremamente difícil, e acontecimentos importantes, por norma passam despercebidos, notícias sobre Matemática não fazem vender jornais. Uma coisa que me impressionou há pouco tempo, no dia 17 de Dezembro, foi a cerimónia de entrega dos prémios *José Anastácio da Cunha* e *José Sebastião e Silva*, que eu acho, na minha modesta maneira de ver, que até são prémios importantes, inclusivé pelos valores monetários que os acompanharam, não são prémios de brincadeira, e pelo trabalho que as pessoas que os ganharam tiveram, etc., o trabalho que deu aos júris que estudaram o que lhes foi presente, etc. No meu entender são coisas muito sérias. Nenhum jornal, do meu conhecimento, apesar dos esforços da S.P.M. - é engraçado que um ano e tal antes quando eles foram instituídos houve jornais que publicaram que os prémios existiam, o que até levantou alguma polémica porque nem toda a gente ficou satisfeita com a instituição desses prémios - referiu a cerimónia, um silêncio total e absoluto apesar dos esforços da S.P.M. que atempadamente chamou a atenção para o que ia acontecer. Na cerimónia, que eu visse, não apareceu um único jornalista mas passado um dia ou dois um arquitecto ganhou um prémio e apareceu no “Público” na primeira página a sua fotografia em grande e muito justamente. O que eu não consigo entender é que feitos no campo científico, e em particular no campo matemático, sejam totalmente ignorados.

Estamos num debate, a sensação de perigo excita-me sempre, é por isso que eu adoro andar de avião, os debates também me excitam porque neles estou sempre na expectativa de que alguém consiga fazer-me uma pergunta que me deixe encravado e eu não consiga responder. Procuo ser breve para dar a oportunidade a que façam perguntas.

# A ORGANIZAÇÃO DA COMUNIDADE MATEMÁTICA EM PORTUGAL

*J. A. Dias da Silva*

*(Presidente do Centro Internacional de Matemática)*

Penso que as questões sobre a organização da Comunidade Matemática Portuguesa estão ligadas à forma como a comunidade se encara a si própria e, em particular, a agenda para esta disciplina interiorizada pelos matemáticos.

Saber, a respeito dos matemáticos portugueses, quais devem ser os seus interlocutores científicos, onde procurar referências de qualidade para o seu trabalho e como inseri-lo no desenvolvimento da Matemática são as tarefas que cabem às instituições que desempenham um papel na comunidade matemática portuguesa.

Propomo-nos fazer uma breve referência ao que pensamos sobre o que cabe a algumas delas e como a sua actividade deve assentar em pressupostos culturais.<sup>1</sup>

Tem-se ouvido, com insistência crescente, em sectores ligados à Ciência, a ideia que Portugal, por ser um país muito pequeno, não deve ter uma “agenda” própria para a Ciência ou para cada uma das suas disciplinas em particular. Resumidamente, os argumentos avançados na defesa desta ideia partem da pequenez do país e das respectivas comunidades disciplinares para a conclusão de que, porque o país é pequeno e tem um tecido económico reduzido e marginal em termos internacionais, não são de esperar grandes desafios de natureza científica colocados pelo desenvolvimento e porque as comunidades científicas são de reduzida dimensão é improvável que, mesmo em aspectos fundamentais, haja massa crítica para produzir ciência de qualidade.

---

<sup>1</sup> Entendo aqui por cultura não só aquilo que no património das ideias (neste caso particular das ideias científicas) determina a formação de novas ideias, bem como este património em si próprio.

A argumentação anteriormente apresentada, nas suas formulações mais esquemáticas, afirma ainda que os defensores de uma “agenda nacional” para a Ciência subvertem o conhecimento científico fazendo intervir aspectos ideológicos na elaboração e gestão da ciência e são os responsáveis pelo atraso que tem a ciência portuguesa.

Acompanhando esta visão minimalista da agenda científica, o discurso sobre as instituições científicas portuguesas é ambíguo, frequentemente paternalista, e minoriza os profissionais de carreiras ligadas à Ciência ao seu ensino ou divulgação.

No caso particular da Matemática os objectivos que os defensores desta posição propõem para a Sociedade Portuguesa de Matemática, são o da colaboração com o Estado nas tarefas de actualização dos docentes do Ensino Secundário, e nas tarefas de divulgação Científica. A ideia de uma Sociedade interventora em aspectos de investigação científica, nomeadamente através da criação de secções temáticas com intervenção na avaliação, na coordenação de acções de intercâmbio científico entre escolas e Universidades e Centros de Investigação, está afastada pelo argumento da reduzida dimensão da Comunidade Matemática Portuguesa.

Da mesma forma a *Portugaliae Mathematica* não deveria ser, como acontece em muitos outros países relativamente a revistas análogas, uma revista exigente que os matemáticos portugueses utilizam para publicar o resultado do seu trabalho. Tratar-se-ia sim, de uma revista de utilidade discutível sistematicamente colocada sobre suspeição de qualidade, que para sobreviver deveria provar constantemente a apreciação que recolhe na Comunidade Matemática Internacional pelo número e qualidade de autores estrangeiros que nela publicam.

As políticas a respeito das duas instituições que acabei de referir não se identificam com os programas de acção das direcções destas instituições, mas representam importantes correntes de opinião que inevitavelmente influenciam o percurso da SPM e da *Portugaliae Mathematica*.

Não esperem de mim que teça loas à Ciência Nacional ou ao isolamento científico. Penso que não se faz ciência sem um intensa actividade de intercâmbio e penso, por isso, que em vez de dar origem a uma agenda nacional para a Ciência, o isolamento científico conduz inevitavelmente ao desaparecimento dessa agenda, ao aniquilamento da actividade científica. Mas penso também que a Ciência é um empreendimento cultural com raízes na forma como agimos e nos representamos. A Matemática que se faz na Hungria é diferente

daquela que se faz em França ou em Inglaterra, os problemas e domínios que mais interessam matemáticos holandeses são diferentes daqueles que são os favoritos para os canadianos. Sendo todos eles igualmente importantes e cientificamente relevantes, é indiscutível que são diferentes e esta diferença, de algum modo, mostra que as escolas científicas, por razões de proximidade cultural, tendem a tornar-se escolas nacionais ou regionais. Isto, obviamente, sem prejudicar o carácter universal (supra-cultural) dos critérios de veracidade e qualidade.

Almada Negreiros esteve em Paris em 1919-1920. Tal como na ciência na arte o intercâmbio é um instrumento essencial. Mas numa forma muito mais radical a arte é um empreendimento cultural e talvez por isso ele tenha afirmado a respeito dessa estadia “Em Paris procurei artistas avançados. Fiz-me amigo de alguns deles. Mas é isto que é importante, este contacto com artistas avançados só levou a amizades pessoais. Nunca surgiu um motivo que juntasse no mesmo ideal a minha arte e a dos outros. O nosso ideal não era o mesmo. A arte não vive sem a pátria do artista: aprendi isto para sempre no estrangeiro”. Relativamente à ciência poderia enunciar-se uma versão destas palavras. No estrangeiro procuramos cientistas avançados, aprendemos com alguns deles. Mas o que é importante realçar é que raramente uma ideia forte criativa e original surge deste contacto.

Se pensarmos a Matemática como um empreendimento cultural, a comunidade matemática e as instituições que a enquadram devem reflectir-se numa agenda, devem organizar-se para a estabelecer. Devem afirmar objectivos que não se confinem a atingirem-se médias europeias. Devem acarinhar as escolas portuguesas e exigir que se desenvolvam e incorporem os conhecimentos vindos do exterior e se aproximem da corrente principal do desenvolvimento científico (as avaliações feitas, também por cientistas estrangeiros, são neste aspecto essenciais). Devem encorajar os jovens cientistas criativos para que outros temas venham a incorporar o nosso património científico (o património das nossas escolas de ciência).

O que esperar então, em concreto, das instituições que enquadram a comunidade matemática em Portugal? Das universidades, nomeadamente dos departamentos de matemática, têm que receber as contribuições recentes dos investigadores tanto nacionais como estrangeiros prontas a serem divulgadas à comunidade científica e à sociedade em geral, pelo trabalho universitário. Dos centros e dos investigadores portugueses, novos problemas e abordagens, em temas conexos com o trabalho de investigação produzido no

país, de que darão conhecimento ao conjunto dos investigadores. Neste último aspecto as instituições que enquadram a comunidade matemática portuguesa deveriam estabelecer uma articulação entre as unidades de investigação e o conjunto da comunidade matemática portuguesa, dando lugar a uma dupla filiação na área da investigação. Por um lado as unidades de investigação que ligam os investigadores às universidades ou às empresas, por outro as secções temáticas (que deveriam existir na Sociedade Portuguesa de Matemática) que os ligam a outros investigadores que trabalham no mesmo domínio.<sup>1</sup>

Na área educativa as instituições existentes deverão permitir a comunicação dos matemáticos com o estado e com as empresas e destas para a comunidade matemática. O que se ensina, como se ensina e quando se ensina são preocupações daqueles que estão ligados a tarefas educativas e para responder a estas perguntas é necessário não só um conhecimento profundo das soluções, que outros encontraram para problemas semelhantes, mas principalmente saber ouvir a experiência dos professores dos diversos graus de ensino para, a partir dela, encontrar as soluções que garantam um ensino rigoroso e actualizado. Para isso há que ser especialmente actuante, pois ninguém, senão os matemáticos, pode defender de corrupções injustificadas a forma como se efectua a aquisição de conhecimentos nos diversos graus de ensino. É pois indispensável ter uma voz e um estatuto dentro do Estado que garanta uma intervenção eficaz e com autoridade. E esta intervenção quer-se não apenas no domínio estritamente científico, mas também em vertentes mais culturais. Não é aceitável que os alunos dos diversos graus de ensino, (isto aplica-se em especial aos estudantes universitários) não tenham conhecimento (claro que de acordo com as suas capacidades) dos progressos feitos em matemática pelos investigadores portugueses, desde Pedro Nunes até aos resultados mais recentes.

Se pensarmos nas instituições presentes na comunidade matemática portuguesa, este papel cabe em especial à Sociedade Portuguesa de Matemática. Penso que a SPM deveria criar ligações institucionais com escolas dos ensinamentos básico, secundário e superior, a fim de permitir uma comunicação sem intermediários entre as escolas e o conjunto dos matemáticos profissionais. Criar novas categorias de associados e tentar mostrar, com os

---

<sup>1</sup> Hoje em dia, na Sociedade Portuguesa de Matemática, com este tipo de vocação, existe apenas a secção “Seminário Nacional da História da Matemática”. Contudo, diversas realizações levadas a cabo com regularidade, Encontros de Algebristas Portugueses, Seminário Nacional de Equações Diferenciais, Encontros de Geometria (com carácter predominantemente nacional), Encontros de Lógica (com carácter predominantemente nacional) e outros deixam antever que não será difícil criá-las, em maior número e com consistência, num futuro próximo.

recursos (ainda reduzidos) disponíveis, que a nossa comunidade é actuante e criadora, é uma acção que fortalece o trabalho científico presente e futuro dando-lhe raízes e referências.

Toda a representação científica só é verdadeiramente eficaz se coordenada com as Universidades. Penso que é urgente a criação de um conselho de departamentos de matemática a funcionar, de uma forma permanente, dentro da SPM ou como conselho autónomo.

Deixei para o fim dois aspectos que considero da máxima importância e que merecem uma referência especial. Em primeiro lugar a necessidade da comunidade arranjar um lugar de diálogo com a indústria e a generalidade das empresas. São conhecidos os benefícios desta interacção na consistência social do trabalho dos matemáticos, e no aparecimento de novos temas e métodos de investigação.

Em segundo lugar, e como referi no início, é indispensável olhar para os novos temas e caminhos seguidos pela Matemática. Isto exige que se chamem investigadores estrangeiros, por vezes sem contactos com as unidades de investigação em Portugal e a trabalhar em tópicos diferentes daqueles que são habitualmente estudados no país.

Penso que nestes dois aspectos o CIM poderá ter um papel importante. Se relativamente ao primeiro não temos qualquer acção desenvolvida, relativamente ao segundo é claro o nosso empenhamento.



# A ORGANIZAÇÃO INTERNA DAS UNIVERSIDADES

*Vital Moreira*

*(Faculdade de Direito - Universidade de Coimbra)*

É com muito gosto que aqui me encontro. Para um jurista é gratificante estar a discutir este assunto com não juristas, com um auditório habituado a formas de argumentação e de exposição diferentes das minhas. Aqui quem vai obviamente aprender sou eu.

Como o tempo disponível não abunda, penso que o que é interessante é provocar uma discussão entre nós, e não ocupá-lo todo a expor o meu pensamento sobre o assunto. Deixem-me apresentar de forma esquemática, e propositadamente provocante, um conjunto de teses sobre o tema em agenda, extremando mesmo posições que não são propriamente as minhas. A verdade é que estou bastante preocupado com o sistema de governo das universidades e tenho vindo a acentuar discordâncias à medida que o tempo passa.

Qual é o meu ponto de partida? Penso que a actual “constituição universitária”, ou seja, o conjunto da leis fundamentais que regem o governo das universidades – que se consubstanciam essencialmente na lei da autonomia universitária de 1988 e nas leis complementares dela – estão em grande parte perimidas e deixaram de responder às necessidades de governo universitário na actualidade.

A meu ver as universidades enfrentam, sob o ponto de vista institucional, dez problemas principais. A saber:

## *1º problema – Rigidez estatutária*

Apesar da lei da autonomia universitária, penso que há autonomia a menos e uniformidade a mais. É uma lei muito rígida e uniformizadora, que estabelece um formato

único para todas as universidades, sejam universidades de massas, de pós-graduação, de investigação, ou universidades mais ou menos profissionalizantes, impondo a todas o mesmo formato obrigatório: a mesma assembleia, o mesmo senado, o mesmo reitor. Para as faculdades, os mesmos quatro órgãos: assembleia, concelho directivo, conselho científico, conselho pedagógico.

Entendo que isto é errado. Se houve alguma coisa evidente na evolução das universidades portuguesas, nos últimos tempos, foi a sua grande diversificação. E esse caminho está para durar, e para se acentuar. Um formato organizatório único não responde à diversidade e à diferenciação das universidades na actualidade. Preferia que, quando a lei fala em autonomia universitária, começasse por garantir a autonomia estatutária, isto é, principiasse por garantir, para além de um princípio geral de gestão democrática, maior liberdade das universidades para encontrarem o seu modo de governo. Sem autonomia estatutária não existe verdadeiramente autonomia universitária.

### *2º Problema - Demasiada complexidade orgânica*

O esquema organizatório previsto na lei é demasiado complexo e pouco versátil. Pensar que uma faculdade tem que ter quatro órgãos, uma assembleia de representantes, um concelho directivo colegial, um concelho científico ultra-colegial, um concelho pedagógico ultra-colegial, para além de outros órgãos facultativos, francamente não se vê como é que isso pode funcionar sem enormes custos institucionais. E o mesmo se passa com a orgânica das universidades. É um prodígio como é que as nossas faculdades e universidades funcionam. É mais complicado que um Estado, só tem um presidente da República, um governo e uma assembleia representativa.

### *3º Problema - Excesso participativo*

Entendo perfeitamente que no clima pós-revolucionário, e mesmo em 1988, fosse justo acentuar os aspectos participativos no governo da universidade, depois de 40 anos de monocracia universitária e de falta de autonomia durante o Estado Novo. Agora eu estou à espera que se demonstre a justeza da paridade professores/alunos na gestão universitária, ou a vantagem da intervenção co-gestionária dos funcionários em todos os aspectos da gestão universitária, inclusive nos aspectos científicos.

Este “excesso democrático” é perverso. Desresponsabiliza os órgãos, favorece os vetos corporativos à inovação, fomenta o laxismo em matéria de gestão do pessoal. Por isso, penso que o princípio da paridade professores estudantes, bem como a participação geral dos funcionários, devem ser corrigidos. Não tem sentido que o corpo que dá estabilidade, permanência e continuidade à universidade – ou seja, os professores – esteja equiparado a quem lá passa quatro anos ou cinco, muitas vezes não se interessando rigorosamente nada pela gestão da universidade, como a prática prova.

*4º problema - As restrições da gestão pública*

As universidades estão a ser geridas como se gere um serviço administrativo qualquer, com o intratável regime da função pública, o regime de finanças e de contabilidade pública, o regime de contratos públicos. A imagem que elas dão em geral é a de vastos e pesados aparelhos burocráticos. Não vejo como é que seja possível gerir uma universidade desta maneira. Para agravar as coisas, as universidades continuam a gerir da mesma maneira inúmeros serviços que deveriam ter gestão separada, em regime de direito privado, ou que nem sequer deveriam ser assumidas pelas universidades.

*5º problema - A sobrecarga dos serviços alheios ao “núcleo duro” da função universitária*

Entre nós as universidades não se limitam a investigar e a dar aulas, também gerem serviços sociais, administram directamente cantinas e dormitórios de estudantes, espaços, jardins e campos de jogos, reprografias e serviços de textos. Tudo isso os nossos reitores e conselhos directivos tratam. Não vejo como é que é possível misturar ao mesmo tempo a gestão da investigação e das tarefas lectivas da universidade com a gestão de um campo de futebol, de uma cantina universitária, ou de uma secção de textos ou de reprografia.

*6º problema - A inadequação institucional dos interfaces entre a universidade e a sociedade*

Hoje, cada vez mais, as universidades devem ter uma relação íntima com a vida social e com a economia, com as empresas. Ora os necessários interfaces institucionais não estão previstos na lei, vivem na clandestinidade de associações privadas, ou de empresas fantasmas que não têm capital nem verdadeira vocação empresarial, ou de fundações mais

ou menos envergonhadas. Esta clandestinidade institucional não pode perdurar. Se uma das vocações hoje das universidades é exactamente o estabelecimento dessa imbricação institucional com a vida empresarial à sua volta, então temos de encontrar módulos de entrosamento institucional entre a universidade e a vida empresarial.

*7º problema - A promiscuidade público/privado*

A confusão de fronteiras entre o sistema público e o privado não tem senão vindo a acentuar-se. A promiscuidade começa logo na lei, quando prevê a presença da Universidade Católica no CRUP, juntamente com as universidades públicas, aliás violando o princípio da separação entre a Igreja e o Estado. Por outro lado, os professores da universidade pública duplicam papéis como professores das universidades privadas, que não têm professores próprios. Chega-se à estranha situação de haver professores a tempo inteiro na universidade pública que são reitores, directores, directores de mestrado, etc. em universidades privadas concorrentes com a pública, de que eles deviam ser leais e fiéis servidores. A verdade é que o princípio de que, em regra, o funcionário público está ao serviço da função pública, está a ser postergado de forma verdadeiramente escandalosa.

*8º problema - Os desafios das universidades-rede e das redes de universidades*

As nossas leis continuam a pensar a Universidade como instituição isolada no seu casulo institucional, ignorando a emergência das universidades polinucleares, que aliás já temos previstas na lei (v. g. a Universidade do Minho) e das universidades ramificadas, como a Universidade de Aveiro, que vai instalar uma unidade orgânica em Viseu, e assim por diante.

A lei da autonomia universitária não está preparada para isto, para estas universidades “compostas” e tão pouco está preparada para aquilo que hoje é uma emergência evidente, que são as redes de universidades. Hoje cada vez menos as universidades funcionam sozinhas, funcionam em redes. Ai da universidade que hoje não pertença a uma ou mais redes, pelo menos de universidades europeias ou euro-americanas, ou euro-latino-americanas. Os instrumentos protocolares e puramente contratuais com que nós até agora lidamos não são, a meu ver, suficientes para gerir estes aspectos das redes de universidades.

*9º problema: Falta de radicação comunitária das universidades*

Ao mesmo tempo que exacerbámos a participação endógena no governo da universidade (estudantes e funcionários) continuamos a alienar a participação dos interessados externos na gestão da universidade, que são tanto ou mais “stakeholders” da mesma. Até agora não encontramos meios de gerar uma participação criativa e minimamente útil das autarquias locais, das associações empresariais, das outras associações que têm a ver com a universidade. Temos descambado para a solução de conselhos consultivos que não valem nada, por falta de poderes e por serem demasiado genéricos. As pessoas não vão lá, não têm interesse naquilo, muitas vezes nem sequer há quorum de funcionamento. Ora bem, eu trocaria de bom grado a excessiva participação dos estudantes ou a total e incompreensível participação de funcionários, por uma participação efectiva desses interessados no órgão deliberativo da universidade.

*10º problema: A desresponsabilização do Estado*

O estabelecimento da autonomia das universidades públicas correspondeu a uma verdadeira desresponsabilização do Estado, que se limitou praticamente a assumir o seu financiamento orçamental, deixando proliferar universidades privadas de problemática qualidade e multiplicar faculdades e cursos numas e noutras, abdicando dos poderes de tutela e de fiscalização necessários para salvaguardar o interesse público, bem como do dever de planear uma rede de ensino superior público baseado num adequado ordenamento territorial e na racionalização dos recursos públicos.

Apresentados os problemas, que remédios para eles?

Já deixei entender, implicitamente, o meu pensamento sobre cada um destes pontos.

Antes de mais, é preciso reformar a lei da autonomia universitária, começando pela verdadeira autonomia que é a estatutária, que a universidade tem pouco, deixando que cada universidade, de acordo com a enorme diferenciação que hoje existe, tenha o seu sistema de governo livremente escolhido, dentro de um quadro legal muito amplo. E se uma universidade de investigação ou de pós-graduação pode ser mono-segmentar, é óbvio que uma grande universidade polinucleada há-de ter uma maior complexidade institucional. Enquanto a actual lei for o “leito de Procusta” que é, em termos institucionais, penso que não vamos muito longe.

Em segundo lugar, impõe-se maior economia orgânica, ou seja, redução da complexidade institucional. Temos de facto órgãos a mais, conselhos a mais, democracia a mais. Há que estabelecer um equilíbrio entre a participação e a eficiência. Aliás, deveria separar-se a gestão administrativa e financeira, que deveria ser profissionalizada.

Em terceiro lugar, penso que deve diferenciar-se o papel de cada corpo universitário no governo da universidade. O princípio de que os professores são iguais aos estudantes, e os estudantes são iguais aos funcionários, e que cada corpo deve ter um papel igual no governo da universidade, é uma ideia que hoje me parece francamente inaceitável. Não é admissível que um reitor possa ser eleito só com votos de estudantes e funcionários, como hoje é possível em algumas universidades.

Em quarto lugar – queria sublinhar este ponto –, urge encarar novas formas de gestão da universidade, que permitam aliviar as constrições do regime administrativo comum. Isto não é uma coisa inédita na nossa Administração. Nos últimos anos têm-se multiplicado, até demais, as formas de gestão empresarial de estabelecimentos e serviços públicos, que funcionam em termos de direito privado, nas suas relações de trabalho, contabilísticas e financeiras, nas suas relações contratuais. Ora bem, hoje se há alguma coisa fascinante, em termos comparados, na gestão universitária é exactamente o fenómeno das universidades-empresas. Basta referir os casos das universidades de Warwick, Twente, Strathclyde, Chalmers, Joensuu, para citar cinco exemplos europeus, um inglês, um holandês, um escocês, um sueco e um finlandês, para provar que esta questão é tudo menos exótica (cfr. o livro de Burton. R. Clark, *Creating entrepreneurial universities*, Pergamon, 1998). Penso que devíamos equacionar, quanto mais não fosse a título de ensaio, no novo estabelecimento universitário, estas formas de gestão empresarial das universidades.

Em quinto lugar, é necessário aliviar a sobrecarga organizatória das universidades, libertá-las da enxúndia de tarefas e serviços que só as tornam institucionalmente mais pesadas. Eu não compreendo que um reitor ou um conselho directivo tenham de tratar de cantinas universitárias, ou serviços sociais ou assuntos de segurança, ou da gestão de equipamentos desportivos. Não que obviamente a Universidade se desresponsabilize dessas tarefas. O que quero dizer é que elas não devem ser feitas em administração directa mas sim através de administração indirecta (institutos públicos, empresas públicas) ou delegada a empresas privadas (concessão, etc.). Se o Estado e os municípios estão hoje a recorrer crescentemente à empresarialização, ao “contracting out”, à concessão a terceiros,

por que é que as universidades não-de manter formas de gestão directa de serviços adjacentes e não não-de limitar-se ao núcleo da sua função universitária?

Em sexto lugar, penso que deve haver previsão legal dos interfaces institucionais entre a universidade e o exterior, sobretudo as empresas. Para isso, existem formas institucionais acessíveis, como fundações, associações, consórcios mistos, formas que estão a ser utilizadas noutros lados. Se o Estado utiliza o consórcio misto para criar, por exemplo, os “centros tecnológicos”, por que é que as universidades não não-de ter à sua disposição também estes formatos institucionais, ficando condenadas, ou a recorrer a formas de administração directa, ou a formas puramente privatísticas, clandestinas, como são as associações de direito privado? Em vez do silêncio da lei sobre essas formas de ligação universidade/empresas, devem prever-se formas típicas, que podem ser e devem ser diversificadas.

Em sétimo lugar, torna-se necessária a separação público/privado. Sem separação não pode findar a actual promiscuidade e confusão de lealdades e responsabilidades. Não compreendo como é que um professor a tempo inteiro numa universidade pública pode ser director de uma universidade privada, ou dar aulas em mais umas quantas universidades privadas, também a tempo inteiro em alguns casos (o que é absolutamente impossível). Ora bem, o Ministério tem-se recusado a legislar nessa matéria, remetendo para a autonomia universitária. E a generalidade das universidades têm medo de pegar nisso, desde logo por não quererem afrontar os interesses estabelecidos. Tirando a Universidade Nova de Lisboa, suponho eu, nenhuma outra universidade ousou estabelecer os limites às acumulações e as incompatibilidades que a lei e a moralidade deveriam impor a esta promiscuidade inacreditável que actualmente existe entre o público e o privado.

Em oitavo lugar, é necessário responder às necessidades institucionais e organizatórias implicadas pelos conceitos de universidades-rede e de redes de universidades. Penso que o actual esquema previsto na lei não responde correctamente a isso. Temos de encontrar formas, de tipo federativo, que permitam que haja universidades-conglomerado em vez de universidades-satélite, como hoje estamos a criar, que penso que não vai resultar bem, pela dispersão geográfica e pela falta de coesão institucional que elas supõem.

Em penúltimo lugar, vem a questão do envolvimento institucional dos interessados exteriores na gestão das universidades. Penso que eles deviam ter lugar nos

órgãos deliberativos universitários, no quadro de parcerias institucionais plenamente assumidas entre as universidades e outras instituições. Eu preferia que as universidades se diluíssem mais na sociedade do que tentarem transportar para um órgão consultivo perfeitamente inútil a sociedade que elas aliás co-optam através de critérios nem sempre claros.

Por último, importa que o Estado reassuma o seu papel e a sua responsabilidade institucional, no ordenamento da rede de universidades públicas, na fiscalização das universidades privadas, na coordenação de todo o sistema de ensino superior. O Estado não pode continuar alheado do sector, deixando campo livre aos interesses organizados, tanto internos como externos. Sem prejuízo da necessária autonomia e da imprescindível liberdade académica, as universidades são coisas demasiado sérias para serem deixadas entregues a si mesmas.

Era isto o que tinha para vos dizer. Fi-lo de forma propositadamente provocante. Espero que isto seja susceptível de alguma discussão.

## A ORGANIZAÇÃO INTERNA DAS UNIVERSIDADES

*Luís Sousa Lobo*

*(Reitor da Universidade Nova de Lisboa)*

Devido ao tempo de que dispomos terei que ser um pouco telegráfico, mas espero que o debate permita aprofundar algumas questões. Vou adoptar uma linha diferenciada do Prof. Vital Moreira, e até contra a maneira como eu próprio via este assunto aqui há alguns anos.

Desejo levantar uma série de questões conceptuais sobre a organização das universidades, mas começo por dizer que as alterações à Lei da Autonomia não são a questão essencial. Estou talvez a ser provocatório, mas é de facto o que penso agora.

Devo dizer que quando o Doutor Rui Alarcão, de vez em quando afirmava no Conselho de Reitores que a Lei da Autonomia “é muito boa, não é preciso mexer em nada”, eu ficava zangado. Mas à medida que se foram fazendo certas mudanças e se foi observando o comportamento das universidades, constato que embora seja desejável que a Lei da Autonomia mude (e estou de acordo com o Dr. Vital Moreira nesse aspecto), acho que as pessoas estão demasiadas vezes a usar isso como desculpa para não fazer uma série de mudanças que se podem fazer com a lei tal como está. Há muitas mudanças que se podem fazer. A Lei da Autonomia permite-as. O que falta é um élan interno. Assim, quando a Lei da Autonomia fosse eventualmente mudada, já haveria algumas experiências inovadoras, dentro do que a lei permite.

Foi feito um inquérito na Universidade de Utrecht há cerca de dois anos, dirigido a todas as universidades europeias. Responderam metade, isto é, cerca de duzentas. O inquérito foi sobre o que se pensa que serão as universidades no ano 2010. Não é para o

terceiro milénio, nem para o próximo século, mas apenas 2010 - um horizonte de uma dúzia de anos. Procuravam-se respostas a questões como as seguintes. Haverá mais liderança ou mais colegialidade? Mais influência da União Europeia ou do governo nacional? Mais importância do poder central das universidades ou das faculdades? Enfim, no plano da gestão e do poder, das relações entre o ensino e a investigação, como é que as pessoas vêem que a evolução se fará? O tratamento estatístico das respostas ao inquérito está apresentado de maneira interessante porque, para além da média das respostas, houve um tratamento dos dados para encontrar respostas típicas por grupos de países. Em muitas destas perguntas a resposta dos anglo-saxónicos, (Irlanda/Inglaterra) vai num sentido, a da França/Espanha vai noutro, e a da Alemanha, noutro ainda. Nalgumas perguntas, claramente, há respostas muito diferentes conforme o substrato cultural. Em alguns países está-se a passar de uma liderança mais individual para um sistema mais colegial, e noutros países está-se a evoluir no sentido oposto. Farei mais adiante citações de alguns números, de maneira breve, mas depois no debate poderei aprofundar os temas.

Sobre a cultura organizacional, gostaria de fazer referência a um livro, publicado em 1993, que me impressionou um bocado. Chama-se «Making Democracy Work - Civic Traditions in Modern Italy». É um livro só sobre o funcionamento e as formas de organização em várias regiões da Itália, feito com base em quinze anos de trabalho de campo, conduzidos por um economista da London School of Economics, e um sociólogo e politólogo americanos. O livro visa responder a esta pergunta “Qual é a chave para o sucesso do desenvolvimento de um país ou de uma região?” “Porque é que um país é desenvolvido e outro não se consegue desenvolver?” É por causa de literacia? É por causa dos transportes, das riquezas naturais? É por causa da História? Porque é que é? Trata-se de um trabalho profundo.

Em Itália foram criadas regiões em 1960. São cerca de vinte. O estudo é feito em cinco dessas regiões, seleccionadas no norte, no centro, e no sul, isto é, em zonas diferentes. É sabido que a Itália tem culturalmente algumas semelhanças conosco. Há contudo diferenças acentuadas, culturalmente entre o norte e o centro e o sul da Itália. No estudo em referência faz-se a análise do sistema de educação, do sistema da saúde, da administração pública, etc., por inquéritos, por entrevistas, por análises variadas, por simulações. Simula-se por exemplo que um jovem vem do Canadá com uma certa formação escolar e faz um requerimento nas várias regiões apresentando o seu caso: tem o

12º ano no Canadá e quer entrar no curso tal, como é que deve fazer? Constata-se que em determinada região os serviços respondem resolvendo rapidamente. O assunto fica resolvido em três ou quatro dias. Noutra região respondem, após uma ou duas insistências, ao fim de um mês. Noutra ainda apesar de muitas insistências, o assunto nunca mais se resolve. Ficam retratadas as diferenças de organização. O livro incluiu um capítulo sobre história da Itália. A conclusão a que se chega é de que a chave para o desenvolvimento do país ou de uma região, o factor dominante, são as tradições cívicas. As regiões em que o desenvolvimento é melhor são regiões que já nos séc. XV, ou XVII, funcionavam melhor, a organização social já era boa. De uma maneira geral, as pessoas aceitam a forma tradicional de tomar decisões. Tomada uma decisão, passa-se ao problema seguinte. Noutras regiões contudo, quando se toma uma decisão, nada é definitivo, porque na semana seguinte se está a contestar a decisão. Elege-se uma pessoa, mas é só para lhe complicar a vida logo a seguir. Portanto nestes casos, há uma tradição em que falta consenso social, as tradições cívicas são fracas. Noutros casos, pelo contrário, há respeito pelas formas de governo estabelecidas, traduzindo-se isso numa certa eficiência no funcionamento da democracia. Também nas universidades, que são instituições com longas tradições, as formas de poder e de governo da universidade são muito importantes, reflectindo-se na qualidade do seu funcionamento.

Devemos reconhecer que as universidades estão muito concentradas nas personalidades dos professores, porque a vocação universitária é uma vocação muito marcante e a carreira é muito competitiva. Cada um tem que ter o melhor desempenho possível na sua área e o protagonismo é obrigatório. A motivação, a iniciativa individual, a criatividade, são essenciais. Há grande margem de liberdade de iniciativa na maneira de ensinar, nos temas de investigação, etc. Mas em contrapartida o desempenho individual fica muito exposto.

De facto, as universidades são muito baseadas num certo individualismo, numa certa capacidade de cada um perseguir determinados objectivos, pessoais, sociais ou intelectuais, e acreditar neles. Tem pois que haver uma certa sabedoria na gestão universitária. A liderança das universidades tem que ser colegial nalguns aspectos, embora noutros, que têm a ver com uma certa eficiência do funcionamento do sistema, devem basear-se na liderança. Em geral, cinco ou seis pessoas são suficientes para decidir qual é o

melhor sistema de circulação viária, ou de estacionamento, ou de funcionamento da biblioteca, não é preciso nenhuma decisão colegial alargada.

A lei 108/88, da autonomia universitária, foi considerada muito corporativa. Na minha universidade cumprimos a lei elaborando os estatutos. O Prof. Alfredo de Sousa, na altura, fez várias provocações na assembleia estatutária, para que, simplesmente, a universidade não cumprisse a lei, afirmando: “esta lei não é compatível com uma universidade moderna, é corporativa, portanto devemos recusar-nos a cumprir a lei”. Obviamente esta posição não prevaleceu e a assembleia cumpriu a lei. No fim de os estatutos estarem aprovados, apresentei uma declaração de voto, que foi depois subscrita por muitas pessoas, e foi entregue no parlamento, provocando aí um certo mal estar. Dizia mais ou menos, o que o Dr. Vital Moreira há pouco disse: que a lei era uniformizante, muito corporativa, partia do princípio da igualdade entre estudantes e docentes ao impôr a paridade de representação, que era pois contra-natura, contra a própria essência da universidade. Concluía-se que se tinha cumprido a lei, da maneira possível, não devendo ser assacadas responsabilidades à Universidade, se os resultados fossem maus. Pedia-se desde logo que a lei fosse alterada. Foi essa a posição tomada logo na altura, e que foi entregue no parlamento.

Contudo, com base na minha experiência destes 10 anos, falo agora contra as posições que tinha na altura. Está-se a fazer passar demasiado a ideia de que sem alterar a lei não se consegue reformar grande coisa, quando eu acho que grande parte das coisas podem-se reformar independentemente da alteração da lei. Estamos talvez a procurar desculpas para fugir aos problemas e não inovamos. Na minha universidade, a Universidade Nova de Lisboa, estamos a entrar num processo de revisão dos estatutos. Temos um grupo de trabalho de doze pessoas, com quatro membros representando as inerências do senado, quatro membros não estudantes representando os membros eleitos, e quatro estudantes. Está a haver um certo consenso nas reformas necessárias, e teremos em breve a última reunião desta fase do trabalho, e há já uma série de linhas que estão a aparecer. Há formas de organização que a Universidade Nova tem já no terreno e que podem e estão a ser melhoradas.

Há diferenças entre as novas universidades e as antigas. Há diversos procedimentos que se podem adoptar e que não têm a ver com a mudança da Lei da Autonomia. Mais, se as pessoas no terreno não implementam certas mudanças que a Lei da Autonomia

permitiria, talvez que se a lei vier a ser alterada, possa até acontecer que continue a não se mudar nada porque no fundo o que há é pouca vontade de fazer essas alterações. Por exemplo, a lei diz que há unidades orgânicas equiparadas a faculdades, e essas têm que ter determinados órgãos, mas pode também haver unidades orgânicas que não são equiparadas a faculdades. A Universidade Nova de Lisboa tem cinco unidades orgânicas equiparadas a faculdades, e quatro que não estão equiparadas. Têm outras formas de organização e uma delas até tem uma licenciatura de raiz, podia ser equiparada a faculdade, mas adoptou outra organização. Tem um conselho geral, e o director é escolhido por esse conselho geral. Tem a seguinte composição: Reitor, Director, o presidente do conselho científico, mais dois doutores, presidente da associação de estudantes e mais dois estudantes, três professores de fora, de outras faculdades, e três representantes de empresas associadas, (“stakeholders”, na designação hoje em uso). Tem pois professores da casa, pessoas de outras instituições académicas, estudantes, e representantes da sociedade. Esse órgão elegeu o director e discute e aprova os relatórios e planos de desenvolvimento. Esta instituição não está equiparada a faculdade, tem outra organização.

Outro exemplo: o Instituto de Higiene e Medicina Tropical tem cem anos, mas entrou para a Universidade Nova há uns quinze anos. Na altura da aprovação dos estatutos, porque “não era menos que as faculdades”, foi decidido que fosse equiparado a faculdade. Há quatro anos houve uma reacção a certas mudanças, e o senado, por minha proposta, constituiu uma comissão internacional, antes mesmo das comissões de avaliação científica do Ministério de Ciência e Tecnologia, com quatro professores estrangeiros, que fez um relatório sobre o instituto, propondo mudanças. Na sequência disso o senado veio a aprovar alterações aos estatutos. O Instituto de Higiene e Medicina Tropical deixou de ser equiparado a faculdade, passou a ter um conselho geral. Nesse conselho geral estão doze pessoas. É presidido pelo Reitor, inclui o Director e quatro catedráticos, quatro outros doutores, e quatro pessoas de fora, (os tais representantes ou “stakeholders”) representando o Instituto Português para a cooperação, a Fundação para a Ciência e Tecnologia, o director geral da Saúde e Fundação Calouste Gulbenkian.

Este órgão é que escolheu o director em concurso internacional. Além disso, o que é notória é a subida da qualidade do debate. Verifica-se que inter pares, “como as pessoas já se conhecem todas umas às outras, antes de alguém falar sobre um assunto já sabe quase o que é que esse colega vai dizer. (as “tricas” são, mais ou menos, sempre as mesmas). Com

os membros externos, o debate sobe de nível, as pessoas falam mais em termos estratégicos sobre a intervenção em Medicina Tropical. O debate sobe de nível, torna-se mais relevante e mais interessante.

Comungo dessa ideia que foi aqui referida de que os conselhos consultivos não servem para grande coisa. Os membros vão à primeira reunião. Se tiver havido um bom almoço, talvez vão à segunda reunião. Depois deixam de ir, porque não têm participação relevante nem poder real na vida da instituição. Contudo, se pertencerem a um órgão com intervenção relevante, que elege o director e que toma decisões, e constatam que a sua opinião é determinante, então não há ausências e a participação é empenhada. Sabem que perante um problema no terreno tem que ser dada uma resposta institucional eficaz que dê resultado. Passado um ano, podem verificar se esse resultado se obteve ou não. Os “stakeholders”, os tais parceiros, estão assim representados no Conselho Geral e a relevância do debate e a qualidade das decisões sobe.

Imaginemos agora que íamos mais longe que nesse órgão os membros externos estavam em maioria. Na nossa cultura ia talvez funcionar pior, porque estando os membros externos em maioria, não fazendo o trabalho de casa de maneira adequada, porque estão muito ocupados, pode haver informação insuficiente na reunião para o debate ser eficaz.

A lei da Autonomia diz que nos senados pode haver até quinze por cento de membros da comunidade. A maioria das universidades novas, têm membros externos. Por exemplo, a Universidade do Minho tem no senado o presidente da Câmara de Braga, o presidente da Câmara de Guimarães, o Bispo de Braga e mais algumas personalidades destacadas. Trata-se de uma universidade regional e esta participação compreende-se. Em Lisboa é mais complexo, porque há várias universidades e as autoridades procuram não dar mais importância a uma Universidade do que às outras. Mas, por exemplo, uma representação através de ex-alunos bem sucedidos na vida profissional e de pessoas que representem as empresas e diversos sectores da sociedade, terá sentido. A representação de quinze por cento, que a lei permite, não está a ser usada nas Universidades antigas, e podia mudar substancialmente a cultura e o ambiente de debate que se faz nos senados. Quanto à representação dos estudantes no senado, eu sou muito a favor dessa presença, entre quinze e vinte e cinco por cento. Os estudantes têm as suas posições, são independentes em relação a certas correntes de opinião internas, podem fazer algumas perguntas estimulantes ou provocatórias. Contudo, se a percentagem de estudantes subir excessivamente, tudo se

complica, porque ficam com poder a mais para a competência e conhecimento institucional que têm. Isso já se verificou em certas universidades.

Estou a terminar as funções de presidente do CNASES, Conselho Nacional para a Acção Social do Ensino Superior, que exerço há três anos e meio. Os representantes dos estudantes no Conselho têm mudado, mais ou menos, de dois em dois anos. Os que cessam agora funções, há dois anos, quando entraram, a primeira coisa que disseram foi: “Paridade, queremos a paridade!” Disseram até isso para os jornais. Eu respondi-lhes que era uma grande asneira!

O CNASES tem doze membros, quatro representantes dos Ministérios da Tutela: Educação, Juventude, Saúde, e Finanças; quatro representantes de instituições: Universidades, Politécnicos, Privado e Cooperativo, Director Geral do Ensino Superior; quatro estudantes: dois do Universitário Público, um do Politécnico Público e um do sector Privado e Corporativo. Ora o CNASES tem-se afirmado em boa parte por ter esta composição. Porque tendo esta composição, têm que negociar, e quando delibera a deliberação tem força. De facto, o CNASES tem uma composição que está bem proporcionada para as várias competências e interesses em jogo. Se pusermos lá 50% ou 60% de estudantes, perde a força toda. Dir-se-á “os estudantes votaram aumentar as bolsas todas” mas ninguém dá importância nenhuma à deliberação porque é redundante, é uma opinião esperada, é a voz da parte interessada, não traz nada de novo. Julgo pois que a proporção das representações nos órgãos é uma questão extremamente importante para credibilizar as decisões do órgão. Os interesses e as competências devem estar devidamente equilibrados.

Quando se fez a Lei da Autonomia em 1988, as Universidades antigas estavam a reger-se pela “Lei Cardia” há uns quinze anos, mas as Universidades Novas tinham quinze anos de outras formas de organização. Quando veio a Lei cada Universidade tentou preservar o mais possível a sua tradição. Ao abrigo de uma mesma Lei (108/88), o Conselho Directivo, do Instituto Superior Técnico tem na sua composição quatro docentes, quatro estudantes e dois funcionários, enquanto na FCT da UNL o Conselho Directivo é composto pelo Director, Sub-director, Presidente do Conselho Científico, Presidente do Conselho Pedagógico, Secretário, um docente, um estudante e um funcionário não docente. O Conselho Directivo do IST, com as pessoas indicadas, tem funções muito diferentes do caso da FCT / UNL. A instituição acaba por cair num regime mais presidencialista.

Contudo, a tradição académica é haver liderança, mas com uma certa divisão de poderes. No caso do IST, o presidente também é o presidente do Conselho Científico e do Conselho Pedagógico. Forma um “governo” com Vice-Presidentes. É certo que com a divisão de poderes há casos em que se gera oposição de interesses entre o Conselho Científico e o Conselho Directivo ou Pedagógico. Na experiência da UNL, que já vinha de trás e que se conseguiu manter, os Conselhos Directivos integram o presidente do Conselho Científico e o presidente do Conselho Pedagógico, eleitos autonomamente e com lealdades distintas. Como reúnem regularmente, qualquer diferença de orientação, ou de interesses, qualquer conflito que esteja a germinar entre dois conselhos, tem ocasião de ser resolvido ou atenuado. É um sistema de divisão de poderes que obriga a consultas, mas funciona. Toda a gente reconhece que a legitimidade para eleger o director tem que vir dos vários corpos, mas o Conselho Científico tem outra natureza, uma legitimidade diferente. Esta divisão de poderes é salutar.

Do inquérito da Universidade de Utrecht que mencionei no início, vou referir apenas alguns resultados. À pergunta sobre se daqui a dez ou quinze anos o “governo europeu” iria ter importância acrescida nas políticas universitárias, no Reino Unido e Irlanda, 70% responderam que não, não vêem essa orientação, ou não desejam que essa influência de órgãos europeus aumente; em França e Espanha é quase ao contrário: 65% desejam ou estão à espera disso.

Quanto à base da liderança deve o reitor ser eleito academicamente, ou deve ser escolhido pelos “stakeholders” (parceiros sociais), isto é, com influências externas? No Reino Unido o resultado foi 45%-40%, as opiniões estão divididas, embora um pouco mais em favor da escolha ser académica; em França: 97% pela decisão só académica, nada de “stakeholders” a interferir; na Alemanha, 70% em favor da eleição académica, e apenas 15% das universidades querem dar mais importância aos “stakeholders”.

Quanto à questão do tipo de liderança, deverá ela ser mais individual ou mais colectiva? Devem os poderes dos reitores, e dos directores ser mais reforçados ou deve o governo ser mais colegial? Há diferenças grandes nas respostas: no Reino Unido, 55% para um reforço das lideranças individuais; na Alemanha 55%, pelo reforço das decisões mais colectivas; em França e Espanha, 71%, a favor da colegialidade, nada de grandes protagonismos individuais!

Quanto ao equilíbrio de poderes entre faculdades e universidade: Reino Unido a favor de mais poder para as faculdades, 60%, mas na Alemanha, observa-se o contrário, com 65%, a favor do poder central da universidade. Na França e Espanha, tendência menos marcada pelo centralismo: 25% pelo poder das faculdades mais reforçado, 40% pelo poder da universidade mais reforçado.

Desejo agora acrescentar dois ou três comentários sobre algumas coisas que foram ditas pelo Dr. Vital Moreira. No debate, poderei ainda falar, se vier a propósito, das questões da conflitualidade dentro das universidades, de acções disciplinares, etc., se alguém levantar a questão.

Sobre a questão das acumulações entre universidades privadas e públicas, a Universidade Nova de Lisboa tem uma regra muito simples. A lei diz que ensinar noutra instituição carece de autorização. A regra do Senado é: a autorização só é dada para uma instituição, e é dada com exclusão do desempenho de quaisquer funções de direcção, coordenação ou participação em órgãos. O docente pode ensinar mas qualquer participação em decisões ou o exercício de funções de representação estão completamente excluídos. A autorização é só para ensinar. Mesmo assim, acho que precisamos ainda de restringir mais. Há um caso de um departamento em que estão cinco ou seis docentes na mesma instituição. É quase uma sucursal. Tem que se pôr uma limitação quanto a estas situações. Gradualmente, as acumulações deverão deixar de existir.

Sobre a questão da liderança individual versus decisões colectivas, há formas que permitem uma grande flexibilidade. Temos estado a tentar avançar na UNL nessa direcção. O director tem competências. O Reitor, também por lei, têm competências importantes. Contudo, em muitas matérias da sua competência, o Reitor ouve a secção permanente do Senado, um órgão com cerca de vinte membros (directores, presidentes dos Conselhos Científicos, presidente da federação de estudantes). O Reitor põe o assunto em debate e depois segue a recomendação feita. Os directores também fazem o mesmo por vezes nos Conselhos Directivos. Isto é uma forma de tomada de decisões "ajustável" conforme as circunstâncias e o estilo pessoal.

Estou disponível para o debate e para esclarecimentos e agradeço a vossa atenção.

## A ORGANIZAÇÃO INTERNA DAS UNIVERSIDADES

*António Vigário*

*(ex-presidente da AAC)*

Os problemas organizacionais das Universidades começam pela não adopção de regras de gestão básicas. Desde logo, à frente da gestão das Universidades são colocadas pessoas formadas e vocacionadas para dar aulas, professores, sem que estejam devidamente preparadas para fazer essa gestão.

A resolução dos problemas organizacionais das Universidade passa pela adopção de regras claras de gestão e, eventualmente, pela criação de figuras organizacionais, preenchidas por pessoas devidamente vocacionadas e preparadas para assumir tarefas de gestão, em detrimento das competências actualmente atribuídas a professores.

A actual orgânica das Universidades, prevista na lei da Autonomia, encontra-se realmente desajustada, exigindo uma reconfiguração.

Um exemplo desse desajustamento, com que me confrontei várias vezes na Direcção-Geral da Associação Académica de Coimbra, são as competências atribuídas ao Conselho Científico e ao Conselho Pedagógico. Apesar de se ter consagrado a regra da paridade e de estarem representados nos órgãos da Universidade, é vedada a participação dos estudantes na discussão de diversas questões que lhes dizem directamente respeito e que, em função da distribuição de competências existente, são reservadas para o Conselho Científico, único órgão onde não estão presentes.

As questões em que os estudantes devem intervir deverão ser reservadas para o Conselho Pedagógico, o qual deverá ser a sua principal via de intervenção na vida

universitária. Para que assim seja, deverá proceder-se a uma redefinição das funções atribuídas aos vários órgãos da Universidade.

Outro dos exemplos da péssima gestão existente nas Universidades é o modo como funcionam a generalidade das suas unidades orgânicas. Esse *modus operandi* consiste, na prática, numa autonomia quase total dos seus departamentos que, em muitos casos, se transformam, permitam-me a expressão, em autênticas “coutadas” dos seus presidentes ou directores. “Coutadas” no sentido em que os seus responsáveis as gerem a seu belo prazer, escolhendo as pessoas, em regra, os colaboradores mais directos, e definindo os currículos sem ter em consideração critérios de qualidade e ou de relevância.

Essas unidades orgânicas funcionam de forma estanque, impossibilitando a existência de uma complementaridade curricular e a implementação de sistemas de créditos. Cada estudante apenas pode frequentar as cadeiras leccionadas na sua faculdade ou departamento, impostas obviamente pelo respectivo plano de curso. Com excepção da frequência dos chamados “cursos livres”, existentes nomeadamente na Universidade de Coimbra, os estudantes universitários não podem actualmente complementar a sua formação com cadeiras relativas a áreas de saber diferentes e leccionadas em faculdades ou departamentos diferentes.

Seria interessante que fosse concedida aos estudantes a possibilidade de, voluntariamente, complementarem a sua formação com cadeiras leccionadas noutras unidades orgânicas. Essa solução poderia ainda ter a vantagem de evitar a duplicação de cadeiras já leccionadas dentro de uma mesma Universidade. O exemplo pode não ser muito feliz, mas essa poderia ser uma forma de superar lacunas existentes num curso como o de Direito, onde se ministra uma formação jurídica de nível superior, e se preparam autênticos analfabetos ao nível das matemáticas ou das línguas. Ora, mesmo no exercício de uma actividade como a advocacia é importante ter conhecimentos de matemática, que nem sequer se podem limitar aos conhecimentos necessários para a realização de operações de cálculo de juros.

Há a ideia, que mais uma vez a prática demonstra não funcionar, de que a Universidade é um centro de saber. Todavia, se as faculdades ou os departamentos da Universidade de Coimbra estivessem divididos por pólos, com diferentes localizações geográficas, se Direito funcionasse em Condeixa ou Matemática em Leiria, não se notaria qualquer ligação ao nível da transmissão de conhecimentos e da circulação do saber. Ao nível do

saber propriamente dito, ao nível da formação, as universidades não constituem actualmente comunidades de saber, como se evidencia pelo facto de praticamente não existirem centros interdisciplinares de investigação.

É necessário libertar a Universidade de uma série de funções que não lhe cabem. Essa foi uma das batalhas da Direcção-Geral da Associação Académica de Coimbra, que defendia a total autonomização dos Serviços de Acção Social Escolar em relação à Universidade. Não é competência das Universidades assegurar que todos os estudantes possam frequentar nas melhores condições o ensino superior, objectivo visado pela Acção Social Escolar.

A autonomização dos Serviços de Acção Social Escolar poderá, inclusive, trazer a vantagem de permitir racionalizar e coordenar as várias estruturas actualmente existentes. Não faz qualquer sentido que exista uma estrutura por estabelecimento de ensino superior e que sejam substancialmente diferentes os serviços prestados por cada uma dessas estruturas. A título de exemplo refira-se que actualmente existem em Lisboa, pelo menos, três Serviços de Acção Social Escolar, um por cada Universidade.

Voltando à questão da participação estudantil, entendo que a regra da paridade na representação dos estudantes nos órgãos sociais das Universidades, que enquanto estudante sempre considerei sagrada, deve ser objecto de uma séria ponderação. A minha experiência como representante dos estudantes leva-me a concluir que há órgãos em que essa regra não faz sentido nenhum.

Os órgãos executivos são claramente o tipo de órgãos onde, em princípio, nem sequer faz sentido que os estudantes estejam representados. Embora nunca tenha feito parte de um Conselho Directivo, tenho a ideia, resultante de conversas com colegas eleitos para esses órgãos, que a maior parte das questões que aí se discutem têm pouco interesse para os estudantes ou que se referem a matérias para cuja discussão os representantes dos estudantes não estão preparados. A título exemplificativo, ainda que esteja interessado, muito dificilmente um estudante se encontra habilitado para intervir na discussão de questões orçamentais.

Todavia, a não participação dos estudantes nos órgãos executivos implica necessariamente uma adequada redistribuição de competências, de molde a que as questões que interessam directamente aos estudantes e que estes estão habilitados para discutir sejam atribuídas aos órgãos onde eles efectivamente participam.

A representação dos estudantes em órgãos onde não podem ter uma participação activa, limitando-se, salvo raras excepções, a uma participação simbólica, perverte a sua intervenção na vida das instituições. Essa aparência de participação, geradora de cumplicidades e de equívocos, provoca, directa ou indirectamente, uma redução da capacidade reivindicativa dos estudantes e dos seus representantes.

Os estudantes terão tudo a ganhar, embora admita que possa não ser esse o seu entendimento, com uma redefinição das competências dos órgãos das Universidades e com a concentração da sua participação em renovados Conselhos Pedagógicos. Apesar de poder ser acusado de traidor, entendo que os estudantes devem limitar a sua participação aos órgãos onde possam ter uma intervenção efectiva, sob pena de verem subvertida a sua participação e de perderem poder reivindicativo.

Tive oportunidade de representar os estudantes da Universidade de Coimbra num órgão chamado Conselho Administrativo, previsto na lei da Autonomia e do qual faziam igualmente parte o Reitor, o Vice-Reitor e o Administrador. Entendo sinceramente que não estava então, como não estou agora, preparado para discutir grande parte das questões que aí foram discutidas, fundamentalmente questões orçamentais.

Por último, sem estar a puxar a brasa à minha sardinha, na qualidade de antigo aluno, gostaria de chamar a atenção para uma questão, em regra, descurada no funcionamento das instituições de ensino superior. Refiro-me à ligação das Universidades com os profissionais que saíram das suas salas de aulas ou dos seus laboratórios.

Chamar e ouvir as pessoas que formaram é uma das formas mais eficazes de as Universidades avaliarem a qualidade do ensino ministrado e a relevância dos seus currículos. A relevância desse *feedback* pode ser evidenciada com o recurso à velha dicotomia entre as componentes teóricas e práticas da formação. Em regra, quando se é estudante entende-se que a formação deveria ser mais prática. Todavia, a experiência profissional demonstra, em meu entender, que o essencial numa formação de nível superior são as bases teóricas. As questões práticas rapidamente se apreendem com a experiência, difícil é resolver problemas que não se colocam todos os dias e que exigem uma boa formação teórica.

É, pois, indispensável que as Universidades estejam atentas aos percursos profissionais dos seus licenciados e tenham em consideração esse *feedback* no seu funcionamento.



## Debate

# O ENSINO DA MATEMÁTICA NA UNIVERSIDADE EM PORTUGAL E ASSUNTOS RELACIONADOS

Centro de Caparide - 6 e 7 de Fevereiro de 1999

### 6/2/99, 11h30 - O ensino da Matemática para a formação de professores

*Bártolo Paiva Campos (Fac. Psicologia e Ciências da Educação – Univ. do Porto)*

*Armando Machado (Departamento de Matemática – Universidade de Lisboa)*

*Augusto Franco de Oliveira (Departamento de Matemática – Universidade de Évora)*

*António Guedes de Oliveira (Departamento de Matemática – Universidade do Porto)*

*Eduardo Marques de Sá (Departamento de Matemática – Universidade de Coimbra)*

Moderador: Maria Manuel Clementino (Univ. Coimbra)

### 6/2/99, 15h00 - O ensino da Matemática para as aplicações

*Miguel Beleza (Faculdade de Economia - Universidade Nova de Lisboa)*

*João José Pedroso de Lima (Faculdade de Medicina – Universidade de Coimbra)*

*Eduardo Arantes e Oliveira (Laboratório Nacional de Engenharia Civil)*

*António St.Aubyn (Departamento de Matemática – Instituto Superior de Agronomia)*

Moderador: Mário Figueira (Univ. Lisboa)

### 6/2/99, 17h30 - O ensino da Matemática para os cursos de ciências e engenharia

*Rui Loja Fernandes (Departamento de Matemática – Instituto Superior Técnico)*

*João Teixeira de Freitas (Dep. de Engenharia Civil – Instituto Superior Técnico)*

*Luís Sanchez (Departamento de Matemática – Universidade de Lisboa)*

*Carlos Mota Soares (Dep. de Engenharia Mecânica – Instituto Superior Técnico)*

*Joana Ehrhardt Soares (Departamento de Matemática – Universidade do Minho)*

*Luís Nunes Vicente (Departamento de Matemática – Universidade de Coimbra)*

Moderador: Luís Trabucho (Univ. Lisboa)

### 7/2/99, 9h00 - A repercussão dos meios tecnológicos no ensino da Matemática

*Yolanda Lima (Escola Secundária Rainha D. Amélia, Lisboa)*

*Paulo Lourenço (Departamento de Engenharia Civil – Universidade do Minho)*

*Susana Nápoles (Departamento de Matemática – Universidade de Lisboa)*

*Vítor Neves (Departamento de Matemática – Universidade de Aveiro)*

*Jaime Carvalho e Silva (Departamento de Matemática – Universidade de Coimbra)*

Moderador: António Ornelas (Univ. Évora)

### 7/2/99, 11h30 - A organização da comunidade matemática em Portugal

*Fernando Dias Agudo (Academia das Ciências de Lisboa)*

*Carlos Braumann (Departamento de Matemática – Universidade de Évora)*

*Graciano de Oliveira (Presidente da Sociedade Portuguesa de Matemática)*

*José Francisco Rodrigues (Departamento de Matemática – Universidade de Lisboa)*

*José António Dias da Silva (Presidente do Centro Internacional de Matemática)*

Moderador: Fernando Conceição Silva (Univ. Lisboa)

### 7/2/99, 15h00 - A organização interna das universidades

*Luís Sousa Lobo (Reitor da Universidade Nova de Lisboa)*

*Vital Moreira (Faculdade de Direito – Universidade de Coimbra)*

*António Vigário (ex-presidente da AAC)*

Moderador: Filipe Duarte Santos (Univ. Lisboa)