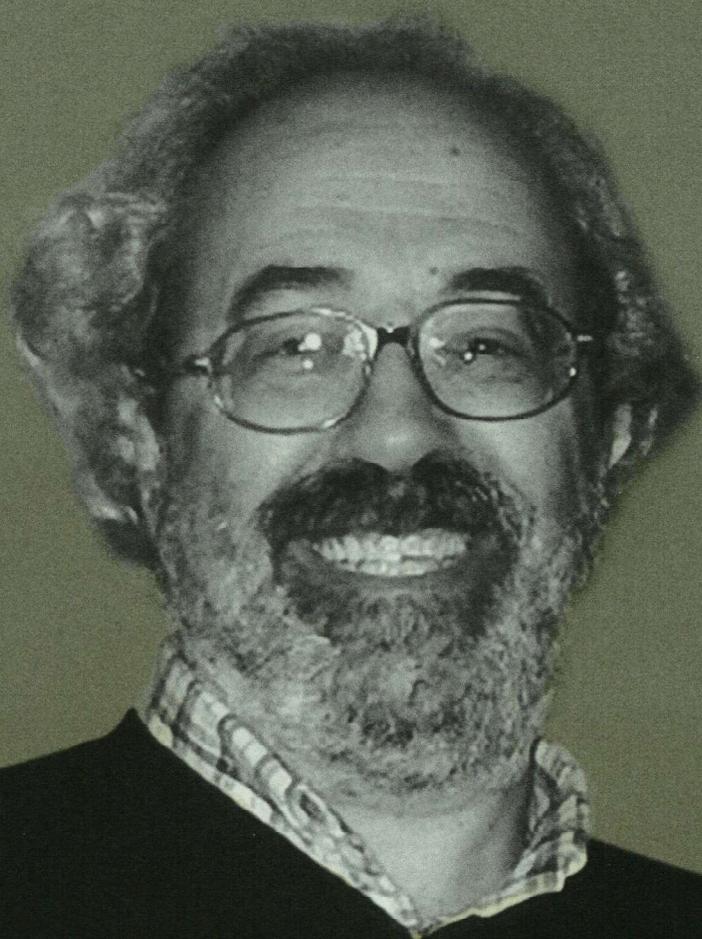


# Fazendo e **refazendo** matemática

a arte de José Sousa Ramos [1948—2007]

José Manuel Matos



Um matemático, como um pintor, um poeta ou um músico é um construtor de ideias, formas, cores, palavras e sons. O critério fundamental é a beleza. A capacidade mais determinante é a sensibilidade e a capacidade de observação. Todo o processo criativo passa por uma atitude inicial de observação e experimentação. Não será verdade também na aprendizagem?

[José Sousa Ramos, 1997, p. 7]

Estávamos nos idos de 1979 ou 1980 quando conheci José Sousa Ramos. Eu tinha acabado o Bacharelato e estava a iniciar os anos que faltavam para completar a Licenciatura em Matemática, ramo de Matemática Aplicada, e ele era Assistente na Faculdade de Ciências de Lisboa responsável por quase metade das disciplinas daquele ramo. Mal sabia eu que durante esses dois anos iria tomar contacto com um modo de estar na matemática e no ensino da matemática diferente de tudo o que então conhecia.

Uma forma de começar a explicar essa experiência é afirmar que, definitivamente, Sousa Ramos não dava aulas comuns. Citando Sousa Ramos, “na Matemática o homem busca a forma, a ideia e joga com ela; no estudo da Natureza o homem sente o seu ritmo e procura apropriar-se da sua música, da sua dinâmica, do seu caos” e os temas das suas aulas eram apropriações simultâneas da Matemática e da Natureza. Contrariamente à visão usual da aquisição do saber, ele acreditava que a melhor forma de formar matemáticos profissionais era em ambiente de seminário de investigação, desafiando-nos através de exposições, experimentações e da discussão das ideias centrais da temática das suas disciplinas. E que temática! Sob o guarda-chuva genérico de Física-Matemática, eram discutidos temas actuais e fascinantes, na fronteira da ciência e visceralmente híbridos, interligando a matemática, a física, a estatística e outras áreas. Recordo, por exemplo, as aulas baseadas no livro de V. I. Arnold (1976) explicando como os distintos paradigmas da mecânica podiam ser descritos através de variedades específicas, cada uma com os seus grupos de transformações. Discutiam-se textos originais de autores como Weinberg, Bruter, Thom, Mandelbrot, Smale, etc., enchia-se o quadro com as expressões da teoria unificada do campo, problematizando a possibilidade de utilizar as formas diferenciais criadas por Poincaré para representar todas as forças básicas do universo (as forças fracas, as fortes, o campo electromagnético e a gravitação), tratava-se da Teoria de Yang-Mills, da Teoria de Gauge, das Álgebras de Lie, das geometrias diferenciais que (de)formam o espaço-tempo, dos sistemas ergódicos, o caos, dos sistemas dinâmicos com os seus atractores estranhos, etc., etc. Tratava-se, em suma, de um segundo curso completo em matemática, mas desta feita abordado de um modo inseparável dos seus problemas, das suas incertezas e das suas aplicações.

Os métodos de ensino condiziam com esta multiplicidade de temas. Circulavam *pré-prints* das principais revistas científicas, o tom era informal, o estímulo e a disponibilidade constantes, a afabilidade imensa. Embora eu não fosse um aluno tradicional (já dava aulas na altura) e tivesse preocupações com a qualidade do ensino, foi a abordagem descomplexada e entusiasta de Sousa Ramos que me fez compreender a viabilidade de confiar na capacidade de investigação matemática dos alunos, e a inutilidade de entender a matemática apenas como uma enorme tautologia lógica que se inicia com axiomas e continua com teoremas. Revelou-me o exagero de pretender que o conhecimento matemático está todo ele hierarquizado e que só se pode chegar ao mais avançado após ter percorrido o mais simples

em todos os seus detalhes. Mostrou-me finalmente como o ponto de partida para investigar em matemática são os problemas.

E recordo sobretudo o entusiasmo. O seu entusiasmo contagiante sobre todos os tópicos matemáticos e físicos que nos levava a entusiasmar também por essa enorme aventura do conhecimento humano chamada matemática. É talvez esta visão da investigação científica que levou muitos dos seus alunos a permanecerem fascinados pelos temas que lhes foram inspirados no 4º ou 5º ano da licenciatura, e que seguiram mesmo para lá dos respectivos doutoramentos. Suspeito que, mesmo aqueles que, como eu, a vida levou para outros caminhos, ainda hoje recordam estas aulas, estes temas, e a enorme explosão caótica de criatividade científica que elas constituíam.

Encontrei anos mais tarde nas páginas desta revista uma explicitação concisa da sua visão do que é a matemática, o seu ensino e aprendizagem que quase podia ser um poema, e que não resisto a transcrever. À pergunta como aprender matemática? ele responde:

**Aprender, fazer e refazer Matemática.**

**Como se aprende? Refazendo a Matemática que outros já fizeram.**

**É tarefa bem mais fácil que ensinar mas, como tudo, exige motivação, gosto e esforço. O ter ou não capacidade é menos preocupante, pois esta existe na maioria das pessoas.**

**O fazer Matemática é indispensável para compreender os mecanismos da exploração do desconhecido, do exercício da imaginação e da actividade criativa.**

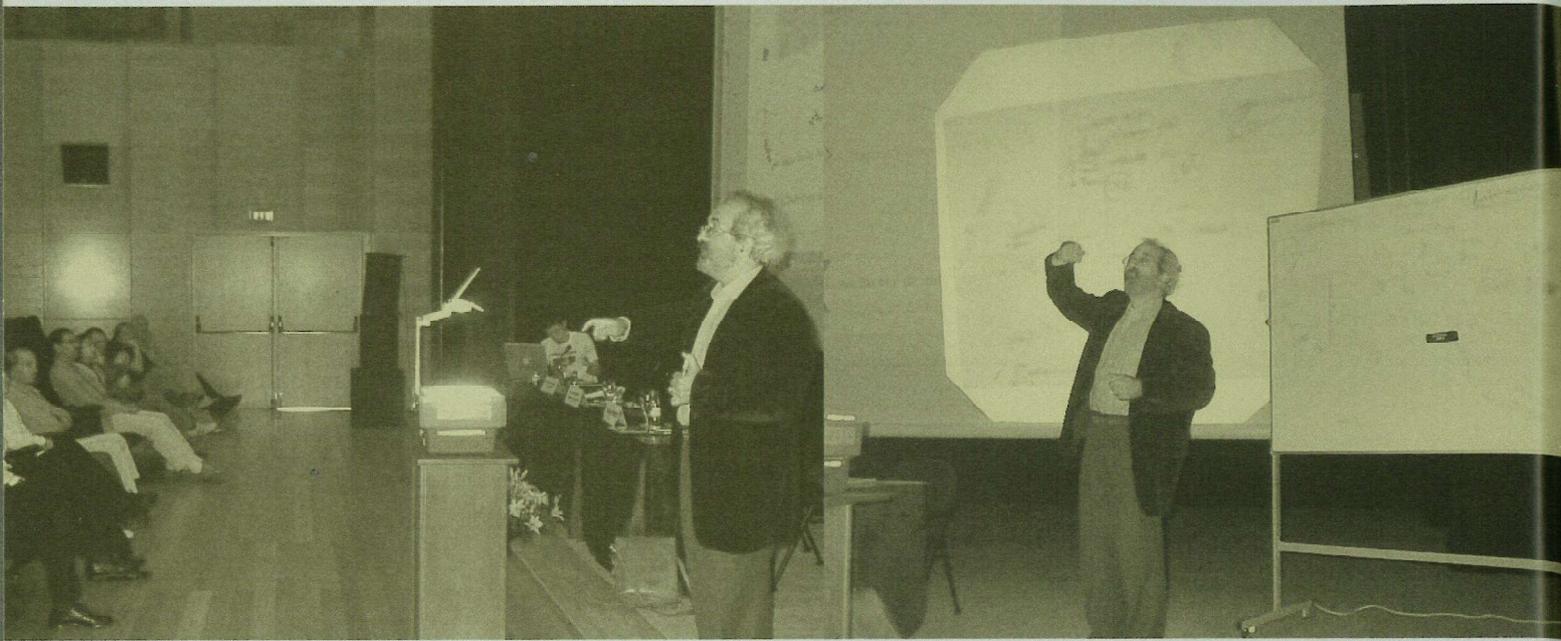
**E o refazer treina-nos no exercício lógico do pensamento dedutivo. Na capacidade de provar e de sentir a segurança, a certeza de uma proposição ser verdadeira ou falsa.**

**Como se faz Matemática? Como a fazem os matemáticos? Formulando e resolvendo problemas.**

(Ramos, 1998, p. 22. itálicos no original)

A razão próxima destas recordações é que, a 1 de Janeiro deste ano, faleceu José Sousa Ramos, professor durante muitos anos na Faculdade de Ciências de Lisboa e depois no Instituto Superior Técnico. Nascido na Quarteira em 30 de Agosto de 1948, licenciou-se em Física na Faculdade de Ciências de Lisboa em 1972 e doutorou-se em Matemática em 1990 pela mesma Faculdade.

Depois daqueles dois anos em que fui seu aluno, 1980 a 1982, a vida afastou-nos e optei por me dedicar à educação matemática em detrimento da Teoria de Gauge para a qual Sousa Ramos me tinha encantado. Ele, entretanto, cria em 1983 o primeiro *Laboratório de Matemática Experimental* no Departamento de Matemática da Universidade de Lisboa. Reencontrámo-nos pouco depois, provavelmente em Outubro de 1984, durante o *Encontro sobre Microcomputadores no Ensino da Matemática*. Em meio do grande entusiasmo suscitado pelo aparecimento dos computadores de baixo custo, o ZX 81 e o ZX Spectrum, Sousa Ramos realiza pequenas sessões, quase *happenings* em volta de uma mesa, mostrando as potencialidades de investigação quase laboratorial do computador para os entusiastas da educação matemática que então se reuniam na Faculdade de Ciências de Lisboa. Recordo, em particular a sua ilustração do comportamento de funções simples quando se lhes aplicava um algoritmo recursivo. Mais do que quaisquer considerações teóricas, o



centro das suas apresentações era dado às potencialidades do computador enquanto instrumento de experimentação, pesquisa e visualização de eventos matemáticos. Como ele vai afirmar mais tarde, “ensinar é criar as condições para aprender, isto é, refazer a descoberta dentro de cada aluno (Ramos, 1998, p. 21) e por isso estas suas intervenções eram menos a ilustração de propriedades conhecidas, e mais um entender a matemática quase como um fenómeno do mundo real do qual importava observar os fenómenos, encantar-se com as regularidades, formular problemas, procurar explicações, “refazê-las” logicamente, e recomeçar de novo o processo matemático criativo. Como ele escreveu premonitório, ainda antes da explosão da Internet, “o computador e a rede Internet, permitem hoje, e de ano para ano sempre mais, trabalhar e comunicar em condições nunca antes imagináveis, o que leva necessariamente a uma renovação do método experimental da matemática. Os modos de ensinar terão também de se renovar” (Ramos, 1997, p. 8).

Esta sua forte convicção sobre as vantagens pedagógicas e científicas da tecnologia emergente apoiada por ilustrações práticas ajudou muitos educadores, em especial de matemática e de física, a compreenderem como os computadores se poderiam transformar em poderosos auxiliares para a aquisição de conhecimentos significativos por parte dos alunos. As suas pequenas intervenções do princípio dos anos 80, normalmente discretas, vão conduzir ao convite para proferir uma das três conferências plenárias do primeiro ProfMat em 1985 e que tinha o título *O uso da inteligência artificial na investigação e no ensino da matemática*. Esta sua grande intervenção foi seguida por muitas outras dedicadas

aos professores de Matemática e de Física, interligando normalmente as duas ciências, recorrendo aos computadores e explorando as suas ligações a outras áreas da cultura, como a arte, por exemplo. A sua presença passa a ser habitual nos ProfMats e em encontros regionais da APM, nos encontros da Sociedade Portuguesa de Matemática e da Sociedade Portuguesa de Física, em iniciativas do Ciência Viva. Percorrendo os títulos das suas contribuições para o Educação e Matemática bem como das suas conferências e sessões em Profmats ou noutras que estão listadas em anexo, revela-se a sua visão experimental, laboratorial da investigação em matemática com um forte recurso ao computador. Revela-se ainda um cientista (não consigo saber se matemático, se físico) que além de fazer ciência, reflecte sobre ela e divulga apaixonadamente o seu trabalho mostrando aos outros a beleza e a construção de ideias, formas, cores, palavras e sons de que ele fala na citação com que começa este artigo.

Até aqui referi o passado. Mas os escritos de Sousa Ramos estão carregados de futuro e é um exemplo dessa sua visão quase-profética e optimista que deixo ao leitor:

*A Matemática anterior ao nosso século [XX], aquela que é ensinada nas nossas Escolas Secundárias, deve o seu aparecimento quase exclusivamente ao estudo do mundo físico, e neste o das regularidades, das simetrias e das grandezas invariantes, perante os grupos de transformação que exprimem essas simetrias. A Matemática deste século [XX] tem duas componentes importantes: uma, a abstracção, a formalização e extensão da matemática anterior [...]. A outra componente, a que introduziu mais novidade, explora, contrariamente aos séculos anteriores, o irregular, o aperiódico, o assimétrico, o complexo — estuda o Caos, os Fractals, os atractores Estranhos, os Quasi-cristais, o DNA, Fenómenos Não-lineares, a caracterização das Complexidades, etc. Para o próximo século [XXI], somos levados a esperar a formalização e extensões destas novidades e o desenvolvimento tecnológico correlacionado. Quanto às novidades futuras, essas, não as podemos prever. Se me fosse pedido que adivinhasse, então aí, apostaria na maior das esperanças — compreender a inteligência humana a tal ponto que realizássemos o computador e o robot inteligente.*

[Ramos, 1998, p. 21, *itálicos no original*]

## Referências

Arnold, V. I. (1976). *Les méthodes mathématiques de la mécanique classique*. Moscovo: Mir.

Ramos, J. S. (1997). Matemática experimental, Educação e Matemática, 45, 7–10.

Ramos, J. S. (1998). Os objectivos do ensino da Matemática para 2001: ensinar ou aprender? Educação e Matemática 50, 21–24.

## ÂnEXO

Algumas intervenções de José Sousa Ramos na área da educação e divulgação científica.

- O uso da inteligência artificial na investigação e ensino da matemática. ProfMat 1985.
- O caos em Física, 1º Encontro Regional de Lisboa sobre o Ensino da Física, 1988.
- Utilização do microcomputador no controlo de experiências em mecânica<sup>2</sup>, 5ª Conferência Nacional de Física, 1986.
- Aprender com a máquina a resolver problemas e a descobrir leis em Física<sup>1</sup>, 5ª Conferência Nacional de Física, 1986.
- Introdução à computação, curso no Mat — Açores 88.
- Matemática experimental: caos, fractais e autómatos celulares<sup>3</sup>, ProfMat 2001.
- A ordem do caos e a geometria dos fractais, ProfMat 1992.
- Entropia: sua evolução e ensino<sup>1</sup>, 8ª Conferência Nacional de Física, 1992.
- Ordem do caos, complexidade e inteligência<sup>1</sup>, Colóquio *Caos e meta-psicologia*, 1992.
- Máquinas matemáticas e complexidade, Encontro Regional da SPM, 1993.
- Dinâmica caótica e geometria fractal, ProfMat 1994
- Formas fractais, informação, complexidade e caos<sup>1</sup>, curso no ProfMat 1995.
- Ensino experimental da matemática, Ciência Viva, 1996.
- Introdução à Matemática Experimental com o recurso à Linguagem mathematica, curso no ProfMat 1996.
- O que a teoria do caos e a geometria fractal tem a dizer sobre a teoria da informação e da complexidade, curso no Encontro Nacional da SPM, 1996.
- Matemática experimental no ensino da matemática, Encontro de professores no Funchal, Universidade da Madeira, 1996.
- Introdução à matemática experimental no âmbito dos novos programas do ensino secundário, dois cursos Prodep, 1996.
- A matemática experimental, Forum Ciência Viva, 1997.

- O que é e o porquê da matemática discreta, ProfMat 1997.
- Matemática experimental, Educação e Matemática, 45, 7–10, 1997.
- Os objectivos do ensino da Matemática para 2001: ensinar ou aprender? Educação e Matemática 50, 21–24, 1998.
- A necessidade da matemática discreta e experimental, Porto Santo, 1998.
- Anatomia e fisiologia do infinito, em *Conceitos fundamentais da matemática*, Bento de Jesus Caraça, P. Almeida (ed.), Gradiva, 1998.
- Da complexidade da natureza à complexidade da Matemática, ProfMat 1999.
- O lugar da matemática no novo século, 2º Encontro Regional de Prof. de Matemática, Porto Santo, 2000.
- Informação e complexidade: caos, fractais e DNA, 2º Encontro de Ensino da Matemática, Universidade da Madeira, 2001.
- A matemática e a natureza, a forma e o ritmo<sup>1</sup>, Educação e Matemática 64, 15–20, 2001.
- Números primos e dinâmica caótica<sup>4</sup>, Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, 2002.
- Computer experiments with Newton's method<sup>5</sup>, Integrating Technologies into Math. Education, 2003.
- Discrete dynamical system with CAS<sup>5</sup>, Computer Algebra in Math. Education, 2003
- Access to discrete dynamical systems through technology<sup>5</sup>, 6th International Conference on Technology in Mathematics Teaching, 2003.
- Computer experiment with bifurcation diagram<sup>5</sup>, 6th International Conference on Technology in Mathematics Teaching, 2003.
- Teoria do caos e complexidade — DNA e internet, Encontro Regional de Física, Matemática e Tecnologia, Porto Santo, 2005.
- O contínuo (espaço-tempo relativo) e o discreto (quântico), o caos e a ordem<sup>1</sup>, Educação e Matemática 82, 15–18, 2005.
- Muitas outras conferências de matemática discreta e sistemas dinâmicos discretos: caos, fractais e teoria da complexidade em geral, acções de divulgação e formação para alunos e professores do Ensino Secundário nas Escolas de Moura, Viana do Alentejo, Lisboa (Camões, Cidade Universitária, Eça de Queiroz, Algés), Almada, etc..

<sup>1</sup> Com Maria das Mercês Ramos.

<sup>2</sup> Com Maria das Mercês Ramos e António Pedro.

<sup>3</sup> Com Maria José Soares.

<sup>4</sup> Com C. Correia Ramos.

<sup>5</sup> Com Orlando Freitas.

José Manuel Matos. Faculdade de Ciências e Tecnologia