

# PULSAR

Jornal dos Estudantes de Eng. Física Tecnológica LEFT - IST

Número 2

Junho 1995

Neste Número

Neste Número

## FÍSICA: TEÓRICA OU APLICADA?

entrevista com os Professores  
Paulo Freitas e Gustavo Castelo Branco

mudanças de curso

LEFT na Jobshop

O CURSO  
segundo o estudo de auto-avaliação

Questões Disputadas 2

Visualização 3D

Filosofia e Poesia



# Sumário

# Editorial

## TEÓRICA VS. APLICADA

*entrevista com os Professores Paulo Freitas e Gustavo Castelo Branco*  
por André Gouveia e Tiago Mota

página 3

## OS FILHOS PRÓDIGOS

*o porquê de tantas mudanças para fora do nosso curso*  
por João Jorge Santos

página 7

## JOBSHOP: APRESENTAÇÃO DA LEFT

por Armando Fernandes

página 8

## TENDÊNCIAS

*do estudo de auto-avaliação do curso*  
por Pedro Martins

página 9

## QUESTÕES DISPUTADAS

*Emergências complexas. O apelo*  
por Luís Calvão Borges

página 10

## VISUALIZAÇÃO 3D

por Filipe Rbeiro

página 15

## TEOREMAS EGRÉGIOS

por Luís Calvão Borges

página 16

## PRATICAMENTE SEM TEORIA...

por Carlos Miguel

página 17

## DA FILOSOFIA

*breve reflexão*  
por Romeu Garcia

página 18

## POESIA

por Hugo Parelho

página 19

Congratulamo-nos com o sucesso do primeiro número do *Pulsar*. A sua aceitação foi tal que, à tiragem inicial de 200 exemplares se decidiu acrescentar uma segunda edição de mais 50. Conseguimos cobrir a maioria dos alunos da LEFT, os professores do Departamento de Física do IST, assim como outras universidades do país onde existem cursos de Física. Os comentários que recebemos foram encorajadores, levando-nos a crer que o modelo que escolhemos para o jornal foi o adequado. Gostaríamos por isso de reiterar o nosso agradecimento ao prof. Jorge Dias de Deus que, na qualidade de Presidente do Departamento de Física, patrocinou o primeiro número do *Pulsar*, e nos permitiu assim dar um pequeno passo para a humanidade, e um grande salto para os alunos da LEFT!

No momento em que na Comissão Pedagógica da LEFT se procede à avaliação do novo currículo do curso, pareceu-nos actual dar especial relevo a esse tema. O trabalho realizado nesse sentido foi da responsabilidade da secção Espaço do Curso, tendo havido colaboração de elementos das outras secções.

Este número do *Pulsar* será o último deste ano lectivo. No início do próximo ano contamos criar uns estatutos para o jornal, dando-lhe assim uma estrutura mais perene. Estão também previstas alterações do aspecto gráfico, e uma tiragem que possa abranger os outros alunos do Técnico. Para isso esperamos poder contar com novos colaboradores. Até lá, que a dp/dt esteja convosco !...

a Redacção do Pulsar

## FICHA TÉCNICA:

**Pulsar:** uma publicação dos Estudantes de Engenharia Física Tecnológica, LEFT-IST **Morada:** Pulsar - Jornal dos Estudantes de Eng. Física Tecnológica LEFT-IST, Instituto Superior Técnico, Departamento de Física, Av. Rovisco Pais, 1096 LISBOA Codex **Editor:** Pedro Martins / Yasser Omar **Secção Científica:** Luís Calvão Borges (coordenador), Yasser Omar, Ariel Guerreiro, Carlos Ramos, Mário Barbosa, Nuno Leonardo, Pedro Martins **Secção Cultural:** Hugo Gomes (coordenador), Armando Fernandes, Carlos Miguel, João Jorge, Romeu Garcia **Espaço do Curso:** Tiago Mota (coordenador), André Gouveia, João Santos **Arranjo Gráfico:** Pedro Martins / Tiago Mota **Tiragem:** 300 exemplares

Patrocinado por:



**JÚLIO DE FIGUEIREDO, Lda.**

Livros Técnicos e Científicos • Assinaturas de Revistas

Sede: Rua António Pereira Carrilho, 5 - 1.º 1000 Lisboa

Tel.: 846 17 80 / 37 82 / 07 84 Fax: 846 41 64

## TEÓRICA VS. APLICADA

POR ANDRÉ GOUVEIA E TIAGO MOTA

*Falámos com dois professores do departamento: um de física Teórica e outro de física tecnológica, tentando perceber qual a situação que caracteriza estas duas partes bem vincadas do nosso curso, e ajudar qualquer um de nós a fazer a sempre necessária opção!*

*Falámos acerca das seguintes quatro perguntas:*

*O que caracteriza os alunos de cada uma das áreas?*

*Quais as reais capacidades do nosso curso de as leccionar?*

*Qual a realização profissional e saídas oferecidas por cada área?*

*Qual a razão do desequilíbrio (se é que existe um) entre a escolha de física teórica e de física tecnológica?*

### FÍSICA APLICADA PROF. PAULO FREITAS

**Pulsar:** Qual o perfil, os traços comuns, dos alunos que vão para uma área de física aplicada (por oposição à física Teórica)?

Paulo Freitas: Em geral, os alunos que seguem Física Aplicada têm um perfil mais prático, gostam de instrumentação, de realizar as suas próprias experiências, de trabalhar em laboratórios onde se desenvolvem dispositivos direccionados para os requisitos de diversas áreas de alta

AQUI ESTÁ O QUE ATRAI OS ALUNOS, A VARIEDADE DOS PROBLEMAS QUE SURGEM E A INTERDISCIPLINARIDADE DOS MESMOS.

tecnologia. Nesta área, e partindo-se de uma ideia inovadora, planeia-se um dispositivo (pode demorar meses), constroi-se a experiência, testa-se, e compara-se com o modelo teórico original. Descobre-se então que a teoria era muito elegante, mas está longe de explicar o resultado experimental. De volta ao modelo e à simulação, novos testes,... e assim se prossegue cada vez com desafios diferentes. Aqui está o que atrai os alunos, a variedade dos problemas que surgem e a interdisciplinaridade dos mesmos.

Os alunos que têm tendência a trabalhar nestas áreas têm habilidade manual (necessária para o trabalho mecânico de precisão, electrónica óptica etc...). Têm ainda, ou rapidamente adquirem, prática de computação para resolução numérica e simulação dos dispositivos ou materiais fabricados. Na maior parte dos casos, uma primeira abordagem analítica para problemas simplificados é sempre possível. Segue-se depois o cálculo em condições

reais das características do dispositivo fabricado, o que envolve simulação complexa, que por vezes nós físicos temos tendência a deixar de lado, sob pretexto de se entrar numa área de engenharia aplicada. Esta atitude não é mais possível, em face de novos desenvolvimentos em computação e algoritmos.

Alguns alunos começam a trabalhar connosco desde o verão do 3º ano colaborando em diversos projectos em áreas diversas. Vão conhecendo os diversos grupos experimentais, as capacidades existentes na área INESC/IST bem com no país, e estão em contacto com vários alunos, post-docs e cientistas de outros países que formam cerca de metade do grupo. Ficam assim com um conhecimento directo de algumas áreas tecnológicas em franco desenvolvimento neste momento no mundo. Poderá encontrar alguns que reagem mal ao primeiro contacto com trabalho experimental por vezes "sujo", mas um físico experimental tem hoje em dia que preparar materiais, construir dispositivos, realizar o teste, e compreender o suficiente do comportamento microscópico ou mesoscópico do sistema para poder melhorar o comportamento do sistema em causa.

**P:** Quais são as reais capacidades dum curso como o nosso, de Eng.ª Física Tecnológica, para formar um aluno nesta área mais tecnológica?

PF: Começam a ser bastante boas, nas áreas tecnológicas específicas em que o departamento tem competências, designadamente tecnologias de microelectrónica, sistemas de gravação magnética e semicondutores amorfos. Na realidade temos à volta do INESC/IST condições óptimas a nível de europeu para ensino destas áreas, em grupos recentes (não mais de 5 anos), e com infraestruturas onde se efectua trabalho de ponta em problemas de relevância directa para novas gerações de protótipos nas áreas acima citadas. Os

alunos começam também a participar activamente na resolução de problemas concretos enfrentados por companhias americanas, japonesas ou europeias, e que contribuem para o avanço rápido de algumas destas tecnologias. Ainda no departamento, há áreas com tradição anterior, tais como o actual Centro de Fusão Nuclear (agora no campus), e o LIP, tecnologias de instrumentação avançada necessárias à realização de experiências complexas são desenvolvidas

**P:** E a nível de docentes e das cadeiras que são leccionadas durante o curso?...

PF: Tal com acima mencionado, a área tecnologia começou a expandir-se há cerca de 5 anos, com o recrutamento de alguns docentes novos. É necessário continuar a meter sangue novo, em áreas já acima

descritas onde o departamento não tem competências.

**P:** Justificar-se-iam algumas alterações no curso tanto nos anos base como no 4º e 5º ano no sentido de dar uma maior oferta de cadeiras tecnológicas aos alunos?...

PF: Nos últimos quatro ou cinco anos tem-se feito um esforço grande para aumentar essas cadeiras. Isso foi feito em conjunto com a abertura dos laboratórios de estado sólido e microelectrónica que não existiam. No entanto, não é só abrir cadeiras novas, é

É NECESSÁRIO CONTINUAR A METER SANGUE NOVO, EM ÁREAS JÁ ACIMA DESCRITAS ONDE O DEPARTAMENTO NÃO TEM COMPETÊNCIAS.

preciso haver docentes que sejam especializados e que ensinem bem! Neste momento eu diria que estamos limitados... Dá-se bem as áreas tecnológicas que existem, que são poucas, as outras...

No Técnico temos um bom departamento de Electricidade, temos um bom departamento de Eng. Mecânica que trabalham em ramos aplicados. Em Física estamos a incentivar os alunos a tirar cadeiras de opção em áreas fora do departamento. É isso que acontece noutras grandes escolas de engenharia e de Física Aplicada. Não são os departamentos de Física que têm toda as áreas aplicadas, por exemplo as áreas onde nós trabalhamos, gravação magnética "storage" e microelectrónica, estão nos departamentos de Eng.ª Electrotécnica que fazem Física Aplicada. Não é tradição em Portugal fazer-se isso, está-se a fazer do lado da Física.

Eu diria que o curso está a ser mudado gradualmente. Está-se a falar no departamento em dar um conteúdo mais realista às cadeiras experimentais... vocês vão fazer 6 ou 7 cadeiras experimentais durante o curso e só no fim, em uma ou duas delas, é que fazem alguma coisa de âmbito tecnológico. De resto são cadeiras muito fundamentais.

PODERÁ ENCONTRAR ALGUNS QUE REAGEM MAL AO PRIMEIRO CONTACTO COM TRABALHO EXPERIMENTAL POR VEZES "SUJO", MAS UM FÍSICO EXPERIMENTAL TEM HOJE EM DIA QUE PREPARAR MATERIAIS, CONSTRUIR DISPOSITIVOS, REALIZAR O TESTE, E COMPREENDER O SUFICIENTE DO COMPORTAMENTO MICROSCÓPICO OU MESOESCÓPICO DO SISTEMA PARA PODER MELHORAR O COMPORTAMENTO DO SISTEMA EM CAUSA.

**P:** Quais são as saídas e a realização profissional de um aluno que escolhe a área tecnológica?

PF: Neste momento quase todas as pessoas que estão a ser formadas estão a seguir duas ou três opções. Uma delas é continuarem

para estudos superiores. Muitas estão a ir não para áreas de Física mas de Eng<sup>a</sup> Electrotécnica, Eng<sup>a</sup> Mecânica, porque fazem uma ponte mais fácil para o mercado nacional.

O que está a acontecer recentemente em áreas particulares, como esta onde trabalhamos, é que os alunos têm um mercado aberto de emprego, ou de estudos de pós graduação nos Estados Unidos.

(...) TENHO A IMPRESSÃO QUE O DEPARTAMENTO DE FÍSICA ESTÁ A FORMAR PESSOAS QUE SÃO BOAS PARA O MUNDO, E PORTUGAL AINDA NÃO ESTÁ A ESSE NÍVEL (...)

Vocês agora têm de pensar um bocado em âmbitos europeus, ou mesmo mundiais!, e aquilo que se está a fazer aqui é igual ou melhor que aquilo que se está a fazer nas universidades de ponta nos E.U.A. Não há grande diferença. Portanto os alunos são requisitados, não só nesta área como nas áreas do departamento de Electricidade. Há já casos de alunos que foram para fora e estão prestes a entrar para grandes empresas internacionais para trabalhar na parte de investigação tecnológica e de produção.

Outra área são as empresas portuguesas. Não há muitos casos mas há pessoas que começam a ser empregues para trabalhar em computação ou na área tecnológica, naquilo que as empresas precisam. Exemplos: empresas que precisem de pessoas com conhecimentos de vácuo, criogenia, electrónica, estão a pegar nalguns alunos. Vocês aí não vão fazer investigação de ponta, não vão fazer circuitos "state of the art", vão fazer aquilo que as empresas precisam. E, hoje em dia, estas empresa, a não ser nalguns casos pontuais, não precisam muito de componentes de alta tecnologia, estão numa fase intermédia, mas começam a requisitar pessoas!

Não sei se vocês querem dizer isto, mas os alunos do Universidade Nova estão mais próximos das empresas portuguesas do que os alunos que saem do Técnico. Têm mais facilidade, que eu saiba, em entrar. Eu dou-vos um exemplo, nós recrutámos para aqui, para a nossa sala limpa, cinco ou seis pessoas, e vieram todos da Universidade Nova! Não houve uma única pessoa do Técnico que entrasse. Para já porque não

(...) OS ALUNOS GOSTAM DE TRABALHAR SEMPRE NAS ÁREAS COM MAIS FAMA OU QUE ESTÃO MAIS NA BERRA COMO SE COSTUMA DIZER! HOJE EM DIA ESTÁ NA BERRA, A TECNOLOGIA (...)

queriam sujar as mãos e/ou porque preferiam fazer estudos graduados, e por outro lado tinham um *curriculum* demasiadamente teórico na altura. Os que foram escolhidos tinham um *curriculum* mais ligado a materiais, à electrónica, componentes, bombas de vácuo, e adaptaram-se melhor às qualificações que

nós pretendíamos.

Não sei se se pode dizer isto mas tenho a impressão que o departamento de Física está a formar pessoas que são boas para o mundo, e Portugal ainda não está a esse nível. A nível de tecnologia está bom, mas a nível das indústrias está um bocado atrás. Isto é o problema que se põe. Eu conheço empresas que contratam pessoas (como a indústria da óptica que precisa de pessoas que fazem filmes finos, para fazer revestimentos), precisam de pessoas que trabalhem com técnicas de vácuo, precisam de montes de pessoas que trabalhem na electrónica... e em geral vão buscar as pessoas com nível de licenciatura (e aí preferem pessoas

com conhecimentos práticos, que agora vocês começam a ter neste curso), ou no máximo vão buscar pessoas a nível de mestrado. É muito raro numa empresa portuguesa ir-se buscar uma pessoa ao nível do doutoramento, embora já o façam na área da Electricidade e Computadores. Na área da Física para mim ainda é novo.

**P: Do seu ponto de vista, qual a razão pela qual a maioria dos alunos do nosso curso escolhe uma carreira académica, de investigação pura, fugindo um bocado a este ramo mais tecnológico?**

PF: Agora isso não é verdade. Se forem ver, nos últimos dois anos cada vez há mais alunos que estão a seguir uma via tecnológica. O melhor será verem as estatísticas do curso. Há três ou quatro anos atrás não haviam opções, e os alunos gostam de trabalhar sempre nas áreas com mais fama ou que estão mais na berra como se costuma dizer! Hoje em dia está na berra a tecnologia e, ou uma pessoa tem um grupo teórico muito bom e quer trabalhar nele porque é um desafio num problema muito difícil, ou então quer trabalhar numa área que põe problemas terríveis do ponto de vista experimental. E os desafios que se põem hoje em dia a nível de tecnologia, e vocês vem isso nos filmes e na TV, são desafios de vida ou morte para as empresas e para as pessoas que estão a trabalhar nisso.

Em Portugal a investigação funciona ainda muito dependente de fundos do governo, mas começam a aparecer grupos que têm contratos com companhias ou que trabalham para empresas de fora, nos Estados Unidos, no Japão, etc..., e esses grupos só sobrevivem se produzirem melhor que os outros lá fora. E os alunos começam a ver isso. Há dias esteve cá a Rockwell a entrevistar pessoas de Electricidade, e entrevistaram em cinco departamentos na Europa! Isso quer dizer alguma coisa. Quer dizer que as pessoas daqueles grupos estavam ao nível dos melhores alunos da Europa!

No nosso caso especificamente há já alunos que começam a fazer trabalho que é directamente relevante para algumas

companhias. E porque é que é importante? Porque estão a trabalhar em projectos "state of the art" e as empresas não têm tempo para perder dois anos a desenvolver um produto "state of the art" senão perdem a carruagem; quando eles os desenvolverem os outros já estão a controlar o mercado, é uma questão de alguns meses.

**P: Na continuação do que estava a dizer, acha que o facto de haver mais alunos a irem para a área tecnológica se deve a um maior desafio posto pelas empresas que actualmente estão a fazer esse tipo de investigação?**

PF: Numa perspectiva actual chega-se à conclusão que algumas áreas tecnológicas são chave para o desenvolvimento futuro, por exemplo nas áreas de telecomunicações e informática. A Física está muito próxima do desenvolvimento que se está a fazer. Em certas áreas específicas (não muitas: nós somos uma gotinha se nos compararmos com um grande instituto onde se faz investigação hoje em dia, estamos a trabalhar em duas ou três áreas, mas são duas ou três entre vinte) os alunos começam a ter conhecimento de que na realidade dentro destas áreas se pode fazer trabalho muito bom. Novamente, isto não quer dizer que não se faça muito bom trabalho nas áreas mais teóricas e mais clássicas, mas abre-nos uma janela nova e

(...) AQUILO QUE SE ESTÁ A FAZER AQUI É IGUAL OU MELHOR QUE AQUILO QUE SE ESTÁ A FAZER NAS UNIVERSIDADES DE PONTA NOS E.U.A. NÃO HÁ GRANDE DIFERENÇA.

também nos traz mais responsabilidades. Nós estamos a formar dez, vinte pessoas que dentro de um ou dois anos estarão no mercado de trabalho, tendo aquelas hipóteses de que falámos há pouco, e aí é que nós vamos ver o que é que elas vão estar a fazer. Ou vão ter bolsas, ou estar a ser contratados, e a trabalhar nos laboratórios ou nas indústrias internacionais. Mas isso mudou: é uma opção que não existia há quatro ou cinco anos atrás, e que está bem vivo daqui em diante.

## FÍSICA TEÓRICA PROF. GUSTAVO CASTELO BRANCO

**Pulsar: O que caracteriza um aluno que escolhe estudar Física Teórica?**

Prof. Gustavo Castelo Branco: Eu apenas posso falar acerca deste curso, de Engenharia Física-Tecnológica, e duma experiência que não é assim de há muitos anos, : curso existe há cerca de dez. De um modo : al, os alunos que escolhem a Física Teórica são alunos com boas notas. no entanto eu quero realçar aqui que não é uma condição necessária para se tornar mais tarde um bom fisico teórico ter notas altas nas cadeiras da licenciatura.

São alunos também, de uma forma geral, com uma grande curiosidade intelectual, que estão interessados sobretudo nos aspectos

mais formais e mais conceptuais das várias

(...) PORQUE DE FACTO NÃO HÁ SEGREDO PARA O SUCESSO EM QUALQUER DOMÍNIO, EM PARTICULAR NA FÍSICA TEÓRICA, É PRECISO TER HABILIDADE, CAPACIDADE, MAS ACIMA DE TUDO É PRECISO TRABALHAR MUITO, E TER UMA CERTA MODÉSTIA PARA SE PERCEBER QUE DE FACTO PARA SE CONSEGUIR ALGO DE VERDADEIRAMENTE IMPORTANTE TEM DE SE TRABALHAR MUITO (...)

disciplinas.

Embora não seja a pergunta que me foi feita, irei apontar mais algumas outras características dos alunos: de um modo geral, os alunos da licenciatura em Engenharia Física-Tecnológica, e em particular aqueles que vão para Física Teórica, têm muito bom nível, quer de preparação, quer de capacidades naturais, quer dizer, são alunos com uma muito boa capacidade; e que são tão bons, a meu ver, como os melhores alunos que uma pessoa encontra nas melhores universidades lá fora, numa Princeton, numa Harvard, numa Columbia... agora, uma vez que estou a fazer um grande elogio, vou também apontar um pequeno defeito: vejo no entanto que, um pouco depois do terceiro ano, esses melhores alunos perdem de certo modo qualidade, na medida em que ficam, de certo modo, impressionados com as notas altas que têm, deixam de trabalhar... porque de facto não há segredo para o sucesso em qualquer domínio, em particular na Física Teórica, é preciso ter habilidade, capacidade, mas acima de tudo é preciso trabalhar muito, e ter uma certa modéstia para se perceber que de facto para se conseguir algo de verdadeiramente importante tem de se trabalhar muito, e esse é um defeito que eu noto. Outro defeito é também uma certa falta de ambição, no bom sentido da palavra, quer dizer, querem ter sucesso mas muitas vezes não têm uma grande ambição. Aos vinte anos a pessoa deve ter grandes ambições, de se tornar, por exemplo, um grande cientista, ganhar um prémio Nobel, esse tipo de ambição a pessoa deve ter quando é jovem e, se possível, mantê-la no decorrer da vida.

Em relação à escolha entre Física Tecnológica e Física Teórica, há um aspecto que eu queria realçar: a pessoa que tirar uma

(...) VEJO NO ENTANTO QUE, UM POUCO DEPOIS DO TERCEIRO ANO, ESSES MELHORES ALUNOS PERDEM DE CERTO MODO QUALIDADE, NA MEDIDA EM QUE FICAM, DE CERTO MODO, IMPRESSIONADOS COM AS NOTAS ALTAS QUE TÊM, DEIXAM DE TRABALHAR...

especialidade em Física Teórica na licenciatura, pode continuar para o mestrado ou, eventualmente, até para o doutoramento em Física Teórica. Mas pode também mudar de ideias, quer depois da licenciatura, quer até depois do doutoramento. Posso-vos dizer

que lá fora há um grande número de físicos teóricos que depois foram para empresários, e com grande sucesso, porque de facto a Física Teórica dá uma grande capacidade de resolver problemas, que têm a haver com Matemática, com Física... dá uma grande agilidade em mexer em assuntos difíceis, e portanto fica-se preparado para rapidamente aprender outras coisas. É evidente que eu não estou a dizer que a pessoa que queira ir para Física Tecnológica não deva ir, mas fazer primeiro a Física Teórica, o que estou a dizer é que não estão condenados, de modo algum, a manterem-se sempre no mesmo domínio. E estou convencido que é absolutamente correcto dizer que é mais fácil mudar da Física Teórica para uma Física Tecnológica do que o inverso, pois o treino é muito duro na Física Teórica: é preciso trabalhar muito, aprender muita Matemática muito cedo, muita Física, etc., e portanto é mais fácil derivar da Física Teórica para a tecnológica do que o contrário.

**P: Quais são as capacidades do nosso curso (a nível de professores, cadeiras e material) para formar um aluno numa área mais teórica?**

GCB: A minha impressão geral da possibilidade de se formarem em Física Teórica aqui nesta licenciatura, é de que as condições são bastante boas, mas, são sobretudo muito boas em certas áreas. A que eu conheço melhor é a área em que trabalho, e posso dizer que na área de física de partículas há de facto condições excelentes, quer para a Física Teórica, quer para a Física experimental.

**P: Focando também nos anos base (três primeiros), quais as capacidades aí?**

GCB: Creio que eventualmente serão necessários uns pequenos ajustes. Uma pessoa nunca deve estar contente com aquilo que tem. Mesmo, por exemplo, no último ano houve já uma tentativa na área da física de partículas (onde eu me sinto mais responsável) de uma ordenação das cadeiras. Devem ter reparado que as cadeiras mudaram de nome, não é por acaso, houve necessidade de fazer uns pequenos ajustes.

Vocês devem perceber que não há currículos estáticos, mesmo lá fora, nas melhores universidades, os currículos estão sempre a ajustar-se e um *trend* normal é pôr as pessoas a aprender coisas mais avançadas cada vez mais cedo, o desenvolvimento da ciência é sempre nesse sentido.

**P: Após a reestruturação feita, passou-se a dar muito mais importância, em detrimento de algumas cadeiras tecnológicas, às cadeiras teóricas (nos anos base). Isso não desequilibra um**

bocado o curso? É necessária toda essa formação teórica, ou podia-se dar mais espaço a cadeiras básicas de Física mais aplicada?

GCB: Eu vejo a coisa pela positiva. Estou convencido que há muito a fazer nas áreas tecnológicas, mas não é à custa de tornar menos boas as áreas mais teóricas, mais de física pura, que nós vamos melhorar as outras. Por que é possível melhorar as áreas tecnológicas sem estragar aquilo que foi feito na área teórica. Creio que não há uma dualidade. O que há de facto, a meu ver, é falta de melhores laboratórios, eventualmente de pessoal docente que entusiasme os alunos nalgumas das áreas tecnológicas. Há muito trabalho a fazer nessa área, e espero que os meus colegas se entusiasmem por criar um desenvolvimento que atraia mais alunos. Mas começa a haver muitos alunos a ir para áreas mais aplicadas, houve uma evolução. Nos nossos primeiros licenciados houve uma predominância muito grande em matérias mais teóricas, mas creio que houve já uma mudança nos gostos dos alunos.

**P: Quais são as saídas e a realização profissional dum aluno que escolhe seguir esta área?**

GCB: Tanto em Portugal como lá fora, sobretudo na Europa e nos Estados Unidos, um aluno que escolha física Teórica continua para fazer estudos de pós-graduação, que conduzem normalmente a um mestrado e, sobretudo, a um doutoramento. De facto na Física Teórica, para se ser um profissional nesta área, é preciso tirar um doutoramento. E

**E HÁ UM GRANDE ESPAÇO DE EXPANSÃO AÍ. O QUE TEM ACONTECIDO É QUE, INFELIZMENTE, TANTO O ENSINO POLITÉCNICO, COMO TAMBÉM AS CHAMADAS UNIVERSIDADES DE PROVÍNCIA, SE FECHAM SOBRE ELAS PRÓPRIAS, NÃO QUEREM QUALIDADE**

normalmente lá fora, e é isso que queremos para os nossos alunos, que vão para posições de pós doutoramento. Existem bolsas em número significativo, e até bastante generosas, para se acabar o doutoramento em Portugal ou no estrangeiro. O período pós licenciatura está mais ou menos assegurado.

Mas se me pergunta qual a actividade, a médio e a longo prazo, das pessoas que tiram Física Teórica, normalmente é no mundo académico. E houve de facto uma certa abertura, no passado, nesta área para alunos de Eng<sup>a</sup>. Física-Tecnológica. As universidades portuguesas, sobretudo as mais tradicionais, as mais antigas, estão de facto com poucas aberturas. Ultimamente tem havido poucas posições abertas nesta área, mas é preciso não esquecer que no futuro pode acontecer que haja posições para investigadores. Houve no passado, numa instituição chamada INIC, que, a meu ver, foi extinta sem um planeamento racional, foi um acto extremamente negativo para a



ciência em Portugal, é possível que no futuro outros governantes pensem em criar posições para investigadores, seria extremamente positivo.

Há um outro aspecto que eu queria realçar, de coisas que já existe, que é o chamado ensino politécnico, que não tem de ser de segunda categoria. O ensino politécnico podia ter muitas posições abertas para os jovens doutores que se estão a formar agora lá fora e que se continuarão a formar. E há um grande espaço de expansão aí. O que tem acontecido é que, infelizmente, tanto o ensino politécnico, como também as chamadas universidades de província, se fecham sobre elas próprias, não querem qualidade, e antes pelo contrário, querem é manter o *status quo* que protege pessoas que muitas vezes são mediócras, que tem medo dos novos doutores que vêm com ideias novas. Repare que em países como, por exemplo, os Estados Unidos, onde há universidade antigas com muita tradição, por vezes, numa universidade nova, aparece um departamento que é número um no país. Porquê?, porque essa universidade está determinada em desenvolver uma área e consegue, à custa de dar melhores condições, atrair grandes estrelas para ir para lá. Só para dar um exemplo, devem ter ouvido falar de Steven Weinberg que passou da universidade de Harvard para a universidade do Texas, que é evidente que não tem, de modo algum, o prestígio de Harvard; mas ele, e é ele que dá prestígio a uma universidade e não o contrário, vai para o Texas e continua a fazer bom trabalho lá.

Isto é só para dizer que o ensino politécnico e as universidades de província têm possibilidade de criar bons departamentos. Se não o fazem, a culpa é das pessoas que estão à sua frente.

**P: Mas essa é uma tendência que de algum se começa a verificar ou seria uma boa situação que de modo algum acontece neste momento?**

GCB: Para dizer a verdade não sei como se poderia alterar a situação. O meu sentimento (e não fiz nenhum estudo aprofundado) é que de facto as universidades de província se fecham muito, que o próprio ensino politécnico se fecha muito. Mesmo a maior parte das universidades portuguesas estão muito fechadas. O Técnico, apesar de tudo, ainda é a universidade mais aberta ou, se quiserem, menos fechada. Nós atraímos, em concursos, professores de outras universidades. O Técnico é, enfim, a melhor escola também... precisamente por causa disso, por ser a mais aberta.

**Pulsar: Do ponto de vista de um professor de uma física mais teórica: nota-se um desequilíbrio entre a escolha dos alunos entre a sua área e uma área mais tecnológica? E se sim, porquê?**

GCB: Não posso responder com segurança, isso vai depender das características dos alunos deste curso. Mas é possível que tenha a haver também com o

facto, que aponte há pouco, de essas áreas experimentais não estarem tão desenvolvidas no nosso departamento. Nalguns domínios!, há outros em que elas estão desenvolvidas, em particular no da física de partículas: há jovens físicos de partículas no nosso departamento que são muito bons, e que atraem alunos para irem trabalhar para o CERN e para outros laboratórios de física de partículas.

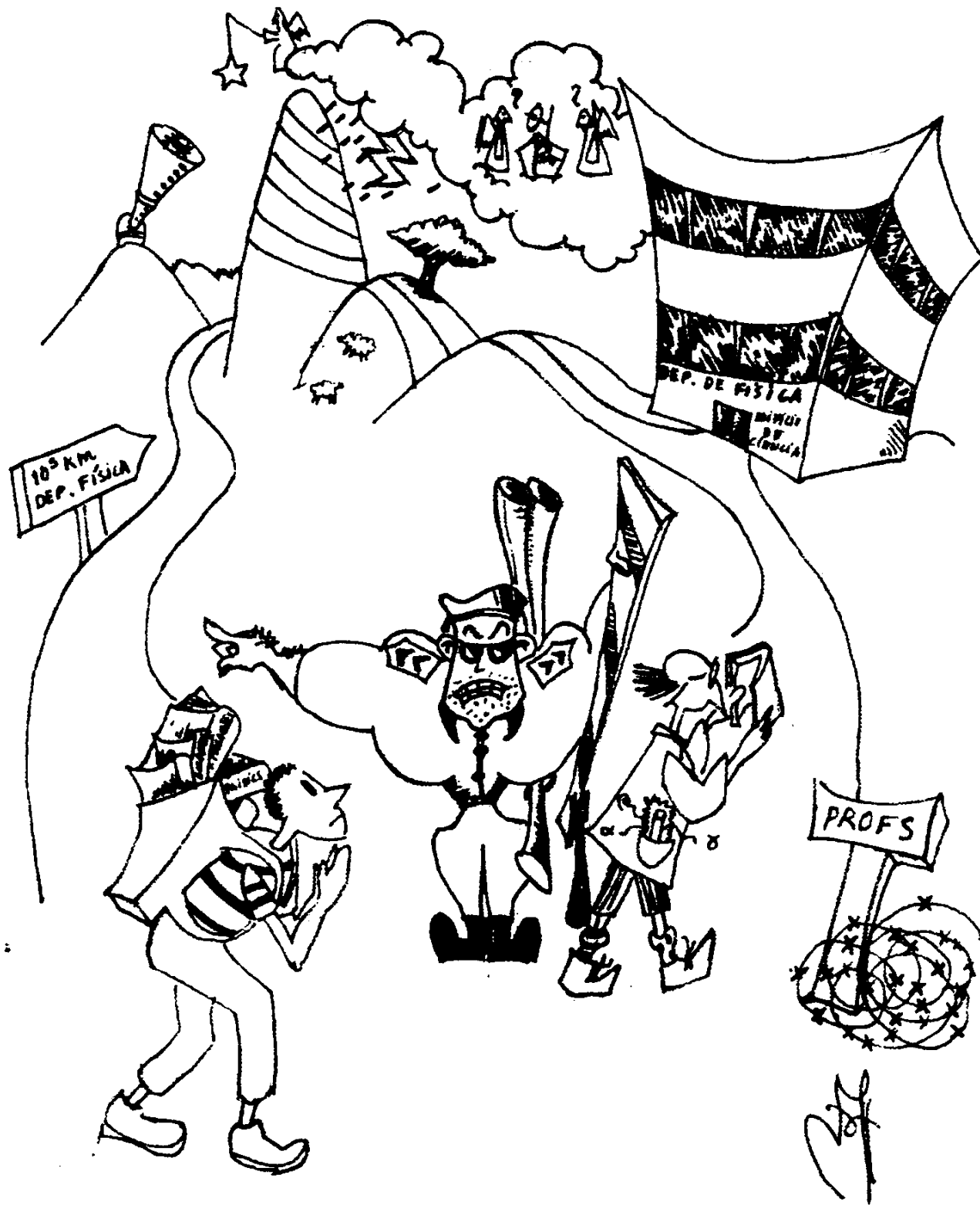
Estou convencido de que logo que começar a haver, e creio que em certos domínios já começa um certo desenvolvimento experimental ou tecnológico no nosso departamento, haverá mais alunos a ir para essas áreas.

**P: Havia muita gente a ir para física teórica, e isso agora está-se a inverter...**

GCB: Eu acho perfeitamente normal essa evolução. Do ponto de vista da Física Teórica eu posso dizer o que gostaria de ter: não muitos alunos, mas muito bons e, sobretudo, muito ambiciosos. Não devem limitar as vossas ambições. Vocês têm condições como a minha geração nunca teve, e portanto devem fazer muito melhor do que nós fizemos! O

melhor que podemos desejar é que os nossos alunos nos ultrapassem. De facto é possível, vocês hoje não têm razão nenhuma para pensar que por estarem a fazer um curso em Portugal vão ser menos bons do que aqueles que estão a fazer o curso nas melhores universidades lá fora. Nesta área, pelo menos, eu posso garantir que têm essa possibilidade.

**NÃO DEVEM LIMITAR AS VOSSAS AMBIÇÕES. VOCÊS TÊM CONDIÇÕES COMO A MINHA GERAÇÃO NUNCA TEVE, E PORTANTO DEVEM FAZER MUITO MELHOR DO QUE NÓS FIZÉAMOS! O MELHOR QUE PODEMOS DESEJAR É QUE OS NOSSOS ALUNOS NOS ULTRAPASSEM.**



como chegar ao novo departamento?...

# OS FILHOS PRÓDIGOS

POR JOÃO JORGE SANTOS

*A Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica (LEFT) do I.S.T. é (ou era) um dos cursos superiores em Portugal com maior média de entrada. Isto permitiria concluir que os alunos que nele ingressam, pelo menos em larga maioria, o fazem como primeira opção, i.e., vão estudar aquilo para que se sentem realmente vocacionados, não fosse verificar-se que, em cada ano, uma percentagem razoável (superior a 10%) dos alunos decide mudar de curso.*

*No sentido de tentar chegar a algumas conclusões acerca do que de tão ruim se passa na LEFT propusémos a diversos nossos ex-colegas de curso que reflectissem, através do seguinte questionário, sobre o que levou ao seu afastamento:*

*- O que é que te levou a escolher um curso de Eng. Física, particularmente o curso de Eng. Física Tecnológica do I.S.T. (se caso, porquê a escolha do I.S.T. e em particular a LEFT)?*

*- (caso da 2ª hipótese na 1ª questão) Isso não indiciará, logo à partida, uma certa falta de convicção na real vocação de vir a tirar um curso de Física, quer virado para uma formação científica mais fundamental quer para, de um ponto de vista mais técnico, uma formação de engenheiro com um vasto domínio de conhecimento, em detrimento de um curso de engenharia mais tradicional (menos abrangente em termos de áreas tecnológicas visadas, logo mais especializado)?*

*- Após o contacto com o curso e, perante os objectivos e expectativas referidas, o que é que mais te surpreendeu, quer pela positiva, quer pela negativa?*

*- Terá isso determinado a tua decisão de mudar de curso ou houve outros factores a pesarem para ela? Quais?*

*- Consideras que os objectivos não satisfeitos na LEFT estão a ser ou virão a sê-lo no curso que agora frequentas?*

*- Como pessoa agora externa à LEFT, qual a tua opinião geral do curso?*

Assim, foi possível recolher os depoimentos do Miguel Pimenta, Bruno Almeida, Patrícia Miranda, Luis Silva e Pedro Santos, que transitaram para o curso de Eng. Mecânica do IST, da Tânia Sousa, que mudou para Eng. Ambiente no IST, e ainda do Hugo Furtado, nosso colega do 1º ano que pretende mudar para Eng. Electrotécnica e de Computadores. A partir desses depoimentos elaborámos o seguinte texto que contém tudo aquilo que de mais essencial e importante foi expressado pelos interpelados.

A excepção do Luis Silva, para quem o curso de Eng. Física Tecnológica era apenas a 2ª opção (a 1ª opção terá sido Eng. Aeroespacial), todos os outros preferiram a LEFT apontando como razões mais determinantes para a escolha o seu gosto individual pela física, questões ligadas à ciência em geral e o prestígio do IST como escola de engenharia. Aliás esse suposto prestígio foi a tal ponto determinante que, para além do Luis, também as opções do Miguel e do Hugo passaram primeiro pela escolha do IST e só então, de entre as licenciaturas aqui ministradas, pela selecção da LEFT.

Bem, mas a verdade é que só depois de entrarem é que ficaram, supostamente, a saber ao certo o que era o curso e o que poderiam vir a fazer no futuro. Apontam como aspectos mais positivos a elevada qualidade da maioria dos professores e das aulas ministradas e a grande proximidade entre estes e os estudantes, para a qual não é

estranho o facto de se tratar de um curso com relativamente poucos alunos (o que também proporciona, segundo dizem, um bom ambiente, quase familiar, entre colegas, contrariamente ao que acontece nos cursos com muitos alunos, onde se verifica uma maior competição e um menor companheirismo; bem, aqui há uma excepção: o Hugo fez notar que não está a gostar muito do ambiente entre os colegas).

Foi pontualmente referido pelo Pedro como aspecto negativo o grau de dificuldade de algumas cadeiras, mas é pela questão das perspectivas de emprego que passa aquilo que é conotado como mais preocupante. Se alguns, como o Bruno, alimentavam a ilusão de que qualquer curso universitário conduziria a boas saídas profissionais, outros, como o Miguel, acreditavam logo à partida que com um curso de Física estas seriam limitadas; os primeiros mudaram de opinião e os segundos dizem que a situação é ainda mais alarmante do que pensavam...

É partilhada a ideia de que a LEFT é fundamentalmente vocacionada para pós-graduação e futura carreira académica e/ou investigação científica (que em Portugal praticamente só é feita nas Universidades e Institutos que gravitam à volta destas). Indústria que desenvolva projectos de investigação tecnológica é quase inexistente em Portugal e, mesmo para os poucos projectos que se vão desenvolvendo, a Eng. Física parece não ser reconhecida como capaz comparativamente a outras engenharias, como diz o Miguel. Este espírito é sintetizado pela Tânia: "(...) não consegui descobrir no nosso Portugal um lugar para nós (...)". Perante isto, a Patrícia mostra-se desiludida por não haver uma concreta divulgação junto das empresas portuguesas ou, porque não, proceder a alterações no curso, de modo a alterar a sua imagem.

Por achar a Licenciatura em Eng. Mecânica (LEM) "(...) um curso bem estruturado, solidamente implantado no mercado profissional, e que abre boas alternativas de pós-graduação, pois conjuga de forma equilibrada uma boa formação em *engenharia mais tradicional* e uma boa formação teórica actualizada", o Miguel classifica a sua decisão de mudar de curso como de "índole prática", decisão essa que não lamenta, apesar de confessar sentir-se um certo "desajuste" em relação ao âmbito da LEM e em relação "(...) àquilo que gostaria de fazer depois de licenciado (...)". A Patrícia e o Pedro parecem partilhar da mesma opinião e afirmam sentirem-se muito mais motivados, agora que lhes parece terem "(...) melhores perspectivas de futuro".

O Bruno não é tão radical: acredita que a Física poderá proporcionar uma vida profissional empresarial, mas diz que o curso de Eng. Mecânica, onde a importância dada à média final do curso é menor, permite uma outra tranquilidade quanto a essa possibilidade.

Este pensamento já está um pouco de acordo com o defendido pelo Prof. Dias de Deus, coordenador da LEFT, ao dizer "Nós queremos que os nossos engenheiros tanto possam ser gestores de empresas, empresários, criadores de empresas (...)" (*vide Nº 1 do PULSAR*), mas é, por exemplo, opinião da Tânia que "(...) um curso de Física não se devia destinar ao exercer dessas funções"... A abertura no IST da Licenciatura em Eng. Ambiente foi o que mais contribuiu para a sua decisão de mudar de curso pois afirma sempre se "(...) ter preocupado muito com as questões ambientais (...)". Considera "muito aliciante (...) poder conciliar conhecimentos de engenharia (mecânica, química, hidráulica, física, etc.) com conhecimentos necessários à compreensão do ambiente (ecologia, microbiologia, geologia, etc.) (...)", até por achar que "(...) há e haverá necessidade em Portugal de pessoas com estas habilitações."

O Luis Silva aponta a sua falta de conhecimento dos objectivos da LEFT como responsável pela sua passagem por cá, e mostra-se satisfeito por agora frequentar "(...) um curso (LEM) com objectivos mais próximos dos que tinha quando do ingresso no IST."

O Hugo foi o único que realmente demonstrou pensar que o curso proporciona boas perspectivas em termos de emprego. Justifica a sua decisão de mudar de curso no facto de só ter conseguido ficar com ideias concisas do que cada curso era, depois de já estar inserido no ambiente universitário. Isso permitiu-lhe chegar à conclusão de que se acha mais vocacionado para o curso de Electrotecnia (de acordo, enfim, com aquilo pelo que já tinha vindo a optar no secundário).

Foram ainda feitas algumas críticas ao funcionamento do curso, nomeadamente no que respeita ao funcionamento das cadeiras laboratoriais e à organização das cadeiras de opção nos dois últimos anos.

De uma maneira geral, consideram a LEFT um curso de excelente qualidade para quem gosta de física e pretenda uma formação científica mais fundamental, mas há quem defenda que deveria ter um carácter mais tecnológico e que devia apostar em áreas como a electrónica, as energias alternativas, as tecnologias limpas, etc., que estão a conhecer um grande desenvolvimento.

Foi apontado o "desenquadramento" da LEFT com a realidade portuguesa e sugerida a divisão do curso em "ramos específicos de modo a os alunos obterem um conhecimento mais coerente e os possíveis empregadores saberem exactamente com o que contam".

Em conclusão, pareceu-nos que o principal problema com que se debatem as pessoas que acabam por vir a deixar a LEFT é a falta de informação concreta acerca do curso, dos seus objectivos, do que oferece e das possibilidades que proporciona, obtida antes do concurso ao ensino superior. Talvez se devesse apostar mais na sua divulgação ao nível das Escolas Secundárias, a exemplo de outras licenciaturas do IST.

Coloca-se a questão de que até que ponto é que nos deveríamos guiar pela actual realidade portuguesa, pautada por uma indústria meramente de produção e nunca de inovação, arriscando a nossa identidade, enfim o perfil versátil que nos é conferido pelo actual currículo, que apesar de todas as suas lacunas (esperamos assistir à tendência de as colmatar), constitui um nicho de criatividade que se poderá tornar essencial para o desenvolvimento do país...

## **JOBSHOP**

### **APRESENTAÇÃO DA LEFT**

POR ARMANDO FERNANDES

*No passado dia 4 de Maio pelas dez horas da manhã, houve a apresentação da LEFT na JOBSHOP.*

*Como não poderia deixar de ser, o PULSAR esteve presente para poder relatar o que por lá se disse.*

O primeiro orador foi o Presidente do Departamento de Física e Coordenador da licenciatura, professor Jorge Dias de Deus, que começou com uma breve apresentação do curso e dos seus convidados, todos eles antigos alunos da licenciatura em Engenharia Física Tecnológica.

Lamentou, no entanto, o facto de não estar presente nenhum representante das empresas que participaram na JOBSHOP. É de realçar que, entre convidados e alunos, estavam presentes cerca de dez pessoas.

Foi então dada a palavra a cada um dos 4 convidados, por forma a que nos pudessem relatar o que fazem actualmente.

Começou o Eng. Rui Pádua, que actualmente trabalha numa empresa, a Unilaser, por ele fundada com mais alguns Físicos Tecnológicos, há cerca de 5 anos.

O começo da sua carreira foi no LNETI (Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial), onde trabalhou em lasers. No princípio, segundo as suas próprias palavras, teve de montar metade dos laboratórios, de graça, até poder dispor de um "canto" seu. No entanto, não despreza essa fase, uma vez que lhe permitiu ganhar experiência e competência técnica.

A sua empresa é bastante bem sucedida, e encontra-se em pleno desenvolvimento, participando mesmo em projectos de nível internacional. Pode ser apontada como uma empresa modelo pois, para além de uma importante componente de investigação tecnológica, contribui simultaneamente para um maior contacto entre as novas tecnologias e o meio empresarial que delas usufrui.

O Eng. Rui Pádua pode ser considerado um autêntico "MacGyver", uma vez que resolve os mais variados problemas que lhe sejam

colocados por empresas.

Considera uma importante característica para um bom engenheiro a capacidade de trabalho em grupo.

Seguidamente falou o recém-formado engenheiro Rui Ribeiro.

Trabalha numa grande empresa de consultoria, a MacKinsey, onde não é o único Físico Tecnológico, por isso animem-se, há empresas que nos querem. Fez a descrição de um dia seu de trabalho, nomeadamente o dia anterior, em que tinha estado a discutir e a terminar um relatório que iria ser entregue a seguir a esta apresentação na JOBSHOP; depois iria encontrar-se com um novo cliente.

Realçou a importância de não trabalhar só, mas sim no meio de uma equipa que se entreauxa, por forma a que os problemas colocados sejam resolvidos pelas pessoas mais competentes.

Como um exemplo para aqueles que julgam que só se pode ser um bom engenheiro se se souber tudo, ele referiu um caso em que era necessário fazer a avaliação de uma casa.

Como é que ele resolveu a questão? Telefonou para os Estados Unidos, de onde lhe deram os parâmetros que se deviam levar em conta, seguidamente recolheu ao seu grupo onde o problema foi discutido e solucionado.

Devido ao seu aspecto jovem, devo realçar que o orador tem 24 anos, inquiri se não tinha tido problemas com isso. A sua resposta espantou-me uma vez que respondeu que não, que nunca tinha tido problemas pois quando uma empresa o vê, não o vê como um jovem, mas sim como alguém que representa uma grande empresa e que como tal deve ser competente.

Seguidamente falou o Eng. Horácio Fernandes, que actualmente trabalha no Centro de Fusão Nuclear, e é assistente do departamento de Física, é também dono de uma empresa de computadores. É um dos fundadores do grupo de antigo alunos.

A sua exposição foi única, uma vez que apresentou três objectos que caracterizam um Físico Tecnológico, uma catana, um macaco e um pião. A catana representa o sentido de oportunidade, o orador fez com ela uma espécie de leilão, em que lhe ofereceram cerca de 20 contos. Ele havia dado por ela 1 dólar, ou seja, a catana havia sido valorizada mais de cem vezes.

O macaco simbolizava a aprendizagem, dado que todos nós aprendemos ao copiar algo ou alguém. Quando estudamos por um livro, e depois aplicamos o aprendido num exame, não estamos a fazer mais do que a copiar algo que alguém antes de nós conseguiu realizar.

Por fim, o pião simboliza a técnica e a experimentação. Antes de entrar no curso muitos de nós sabíamos lançar o pião, mas não como ele funciona. Depois aprendemos as leis que estão por trás do seu funcionamento. Esta relação entre o saber fazer e saber porque é que se deve fazê-lo, é extremamente importante, e é uma característica inerente ao Eng. Físico Tecnológico.

Devo realçar que os seus dotes oratórios conseguiram cativar a atenção das pessoas que se encontravam no recinto a tomar café.

O último a falar foi o Prof. Rui Loja Fernandes que actualmente trabalha no departamento de matemática como Coordenador da Licenciatura em Matemática Aplicada e Computação. Realçou o facto de ao trabalhar como docente não se ter, certamente, a compensação pecuniária que têm os seus companheiros da MacKinsey ou da Unilaser, mas têm-se, no entanto, compensações de outro tipo que advêm directamente da actividade de docente e do trabalho de investigação.

Após a apresentação de cada um dos convidados, o Prof. Dias de Deus fez mais uma pergunta, o que é que eles julgavam que o curso tinha acrescentado à sua forma de pensar e agir, enfim, que mais valia havia o curso acrescentado às suas capacidades.

Uma das principais características por eles realçadas, é o facto de não se ter medo de estudar seja o que for, que provém directamente da base física e matemática que o curso dá aos seus alunos.

O trabalho em grupo foi outro elemento apontado. Dado que o curso de Física nos coloca perante os nossos limites intelectuais, obriga-nos a recorrer à associação em grupo por forma a assim podermos ultrapassar as dificuldades.

Estes dois aspectos levam a um terceiro, que é a capacidade de realizar projectos. Ao passarmos pelo curso é-nos incutido o extremamente importante espírito de iniciativa. Como prova disto foi



mentado o **PULSAR**.

Por fim o Prof. Dias de Deus pediu à Ana Dias, nossa colega de curso e colaboradora da AEIST, para nos explicar em que consiste o seu trabalho de fim de curso. O seu trabalho está a ser realizado com o Eng. Figueirinhas, e consiste em desenvolver vidros que escurecem quando lhes é aplicada uma tensão.

Após este relato julgo que os nossos leitores podem ficar descansados quanto ao facto de arranjam emprego; devem é ter os horizontes bastante largos quanto ao tipo de trabalho que pretendem.

Para terminar quero expressar o meu pesar pela falta de assistência. Penso, no entanto, que com um interesse crescente dos alunos por verem o curso divulgado junto das empresas, o Coordenador de curso para o ano certamente que resolverá este problema. Esta apresentação da licenciatura teve no entanto um importante resultado que foi a divulgação da Física Tecnológica junto dos nossos colegas dos outros cursos, que ficaram desta forma a conhecer as nossas potencialidades.

CAIS

A Única Publicação Portuguesa Especializada Em Fotojornalismo

Para si, é a revista dos sem-abrigo  
Para muitos deles é o próprio abrigo

## TENDÊNCIAS

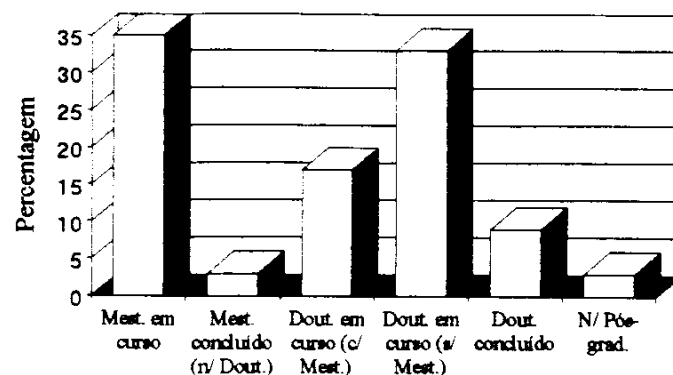
POR PEDRO MARTINS

Os dados aqui apresentados foram extraídos do dossier de *Auto-estudo para Avaliação da LEFT (Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica)*. Pretende-se com este levantamento apresentar uma panorâmica geral do que tem sido o futuro profissional dos licenciados em Engenharia Física Tecnológica. Assim, apresento de seguida alguns quadros que penso evidenciar a tendência geral dos nossos licenciados, ficando no ar a questão:

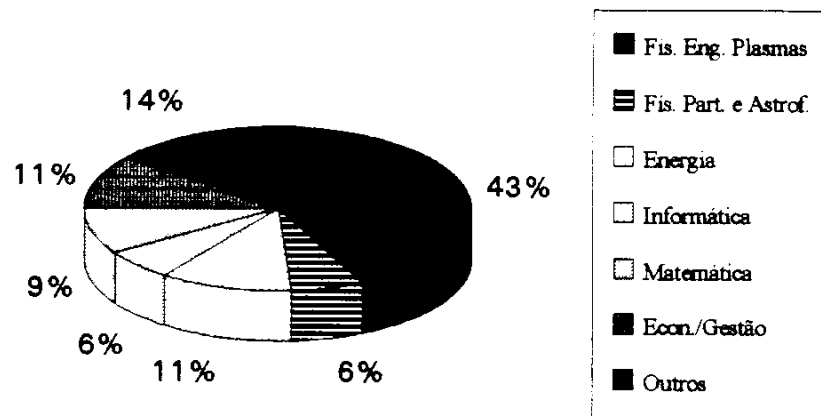
*Será este o perfil geral dos alunos que ingressam nesta licenciatura, e que se mantém, ou a própria licenciatura não oferece, em termos de formação de base, outras perspectivas ?*

Os resultados respeitantes aos seguintes quadros resultam de um inquérito feito a 79 licenciados na LEFT entre 1986/87 e 1992/93. Desta população apenas uma amostra de 64 licenciados foi utilizada para a elaboração dos gráficos. Na já referida fonte deste trabalho faz-se referência ao facto de a base de dados consultada ser omissa relativamente à situação de pós-graduação de 15 dos licenciados.

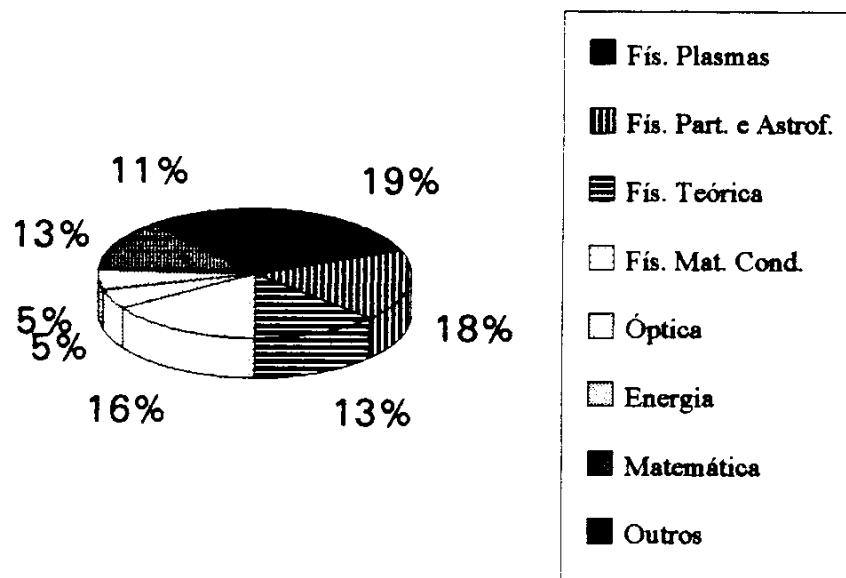
### O que estão a fazer ?



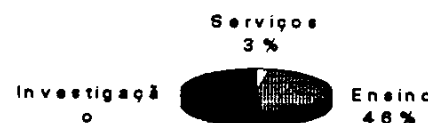
Uma análise deste quadro evidencia que 97% dos licenciados frequentou ou frequenta cursos de pós-graduação.



Áreas Científicas dos Mestrados



Áreas Científicas dos Doutoramentos



Área de Actividade Actual

Num total de 14 Mestrados em Física e Engenharia Física realizados no período de 1989 a 1993 57% foram realizados por antigos alunos da LEFT. Destes Mestrados, 86% foram realizados no IST sendo consideradas instalações pertencentes ao IST o Centro de Fusão Nuclear, todos os Centros de Investigação que em 1992/93 ainda pertenciam ao INIC, e os novos Centros do Programa Ciência. Durante o mesmo período foram realizados 18 Doutoramentos 33% dos quais por antigos alunos da LEFT.

## QUESTÕES DISPUTADAS

### 2 - Emergências complexas. O apelo.

«Nós, abaixo assinados, membros de pleno direito da comunidade científica mundial, vimos por esta via advertir a Humanidade daquilo que está para suceder. É urgente realizarmos uma vasta mudança nas nossas relações com a Terra e com a vida à sua face, caso seja nossa vontade evitar grandes misérias humanas e uma mutilação irreparável do nosso lar global, neste planeta.» (1)

«Onde está a ciência, perguntamos nós, que possa analisar, explicar e prever correctamente um fenómeno tão complexo e multivariado como o da mudança global? Onde e quando irá irromper a próxima bolsa de fome humana, e como poderemos nós agir com anos ou décadas de antecipação para o evitar?» (2)

#### I

O tema que aqui trazemos a terreiro aberto, e para disputa, é, nas suas linhas gerais, aquele que a leitura das duas citações feitas (tradução nossa) certamente sugere com clareza suficiente.

Vamos discuti-lo procurando mostrar que a mudança cuja necessidade se afirma ser imperiosa é uma mudança que está, afinal, já em curso. Mas fá-lo-emos numa disposição de optimismo moderado, já que, sobre a intencionalidade que preside, ou que dirige uma tal mudança, nos não parecem ser possíveis ou seguros senão alguns juízos de prudência.

Esta nossa reserva não deriva, note-se, do facto de as novas ciências da complexidade -designação genérica para o corpo de conhecimentos e de técnicas que se configuram como a única resposta possível às perguntas feitas na segunda citação-, estas novas ciências, dizíamos, se apresentarem ainda em estado nascente, sob contornos algo indefinidos. A sua simples existência constitui, aliás, um sinal de esperança, não obstante o modo como muitas comunidades científicas locais parecem, confortável e preguiçosamente, querer resguardar-se dessa procela em que se rasgam novos horizontes ao conhecimento humano, mantendo, perante a produção de centros de saber como, por exemplo, o Instituto de Santa Fé (Novo México, EUA), pioneiro nestes estudos (3), uma atitude de quase total alheamento.

Deixemos, porém, estas questões para uma outra oportunidade. A moderação com que encaramos as disposições, fundamentalmente políticas, que parecem assistir às mudanças sociais, económicas, físicas e ecológicas que, globalmente, nos afectam, exige, para que possa ser compreendida, uma formulação rigorosa daquilo que constitui o enquadramento destas últimas. Seja-nos então permitido começar por precisar a terminologia que já introduzimos.

Há, no destino de milhões de seres humanos actualmente à face do planeta, algo que, tragicamente, é comum. As linhas de força por que se regiam as respectivas vidas sofreram uma disrupção brutal, causada por uma perversa interacção entre política e pobreza (ver figura 1), a qual, não poucas vezes, tem degenerado na eliminação sumária e no extermínio maciço. Estas pessoas são, ou foram, vítimas daquilo a que chamamos emergências complexas (4). Um conjunto nefasto de circunstâncias, quase sempre associado ao colapso de estruturas sociais tradicionais e à consequente irrupção de conflitos étnicos e de nacionalismos exacerbados, para cujo agravamento concorrem, por vezes, os chamados desastres naturais, isto é, toda aquela sorte de acontecimentos, supostamente naturais, que referimos como tufões, sismos, secas, pragas, inundações, etc, mas que, em rigor, são antes o resultado da interacção espacial de processos ambientais extremos como estes e populações ou comunidades que lhes são vulneráveis. Esta vulnerabilidade é essencialmente determinada pela respectiva pobreza (5).

Não deve por isso surpreender-nos, a atenção especial que os países em desenvolvimento merecem, nas resoluções da Assembleia Geral das Nações Unidas que, entre 1987 e 1989, declaravam os anos 90 como 'Década Internacional para a Redução dos Desastres Naturais' (6).

É talvez observando as nações mais desfavorecidas, que melhor se reconhece o facto de que um crescimento sem controlo adequado, queremos dizer, sem desenvolvimento, é um processo que implica uma vulnerabilidade crescente e surge, por isso, actualmente, associado a um potencial escalante para perdas catastróficas, em vidas e bens.

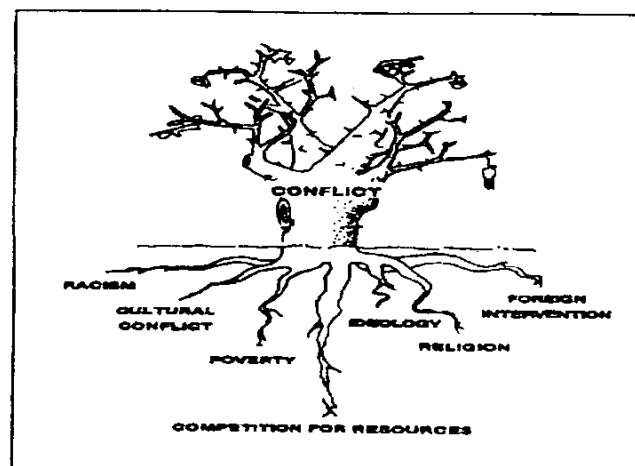


fig. 1 : As raízes da guerra (4).

Nesta perspectiva, tanto emergências complexas, como desastres naturais são entendidos como sequências de processos e de acontecimentos. O mesmo vale para o modo como concebemos o fenómeno 'fome humana': uma sucessão de processos e de acontecimentos caracterizada por uma redução na existência de bens alimentares, e que conduz a um aumento substancial e disseminado da mortalidade nos grupos mais vulneráveis das comunidades que afecta (4). Assim sendo, temos que, em particular, a irrupção duma bolsa de fome humana pode ser pensada como aquele momento crítico, no decurso duma tal sucessão, que se atinge pela ocorrência duma flutuação grave dos valores que parametrizam a distribuição de bens primários numa comunidade, e que, portanto, se constitui como uma violação escandalosa de um dos princípios basilares da justiça: o princípio da diferença, segundo o qual, as desigualdades económicas e sociais devem ser distribuídas de modo a que se possa esperar que elas sejam em benefício de todos (7).

Esta situação ofende a nossa dignidade, enquanto seres humanos, e apela à organização imediata duma responsabilidade colectiva pelos efeitos globais das nossas actividades económicas, sociais, tecnológicas e outras (8). Porque as violentas flutuações detectadas nos sistemas palco, ou suporte das emergências complexas que testemunhamos denunciam a ocorrência, melhor dizendo, são, elas próprias, uma manifestação clara da ocorrência de fenómenos cooperativos, conforme alguns estudos físico-estatísticos de modelos para difusão de informação (no caso, económica e política) em populações sugerem (9). Este é, por exemplo, o caso quando um fenómeno colectivo e cooperativo, como é a formação de um sentimento generalizado de pessimismo acerca do estado de uma economia, surge de tal modo associado (causalmente) à ocorrência de recessões (ver figura 2), que se torna possível rejeitar a hipótese de que ele não afecta o respectivo Produto Nacional Bruto. Note-se que este exemplo diz respeito a um estudo sobre a evolução da economia americana, durante um período de cerca de trinta anos (10).

A nossa justa indignação perante este estado de coisas é o primeiro sinal de que nos dispomos a crescer em humanidade. A sensibilidade das comunidades a que pertencemos ao apelo formulado será, por sua vez, o primeiro sinal de que, também elas, se prestam a crescer em humanidade. Este crescimento não é facultativo (11).

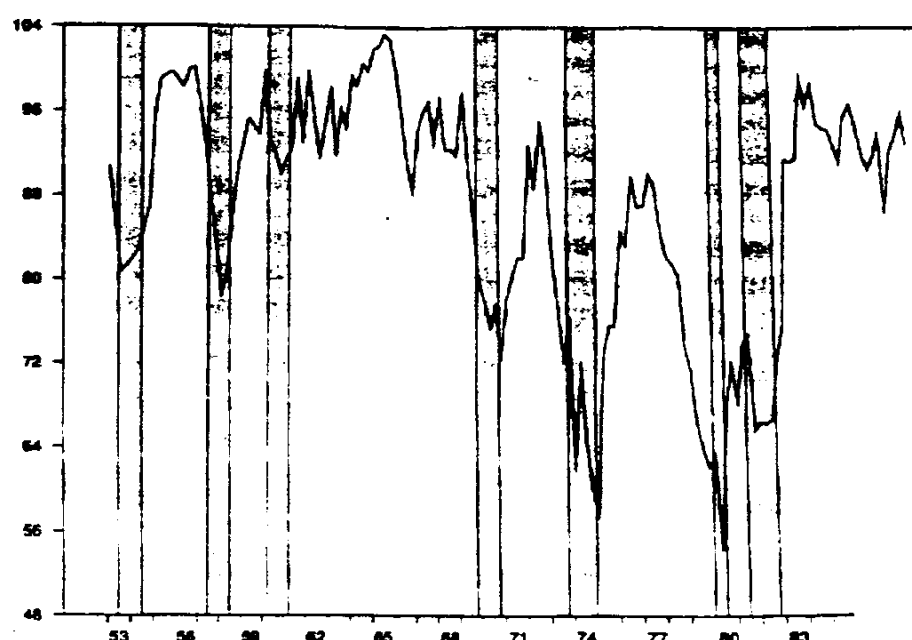


fig. 2 : Em abcissas, o tempo (1953-1986); em ordenadas, um índice da confiança dos consumidores relativamente ao estado da economia. As barras verticais assinalam as recessões (10).

II

O que devemos fazer ?

III

As situações graves que acima denunciámos são situações complexas que se configuram, ou que emergem, no decorrer da evolução dos sistemas físicos (ou outros) que lhes servem de suporte. Uma evolução que parece orientada para regiões críticas dos respectivos espaços de fase, mas que procede nos termos duma parametrização que nos escapa.

Não obstante, é possível a identificação de algumas características gerais comuns a todos estes processos e aos sistemas neles envolvidos. A mais evidente é, talvez, a de que a parametrização referida exige, para que a possamos conceber, o recurso à consideração de espaços de fase com dimensão infinita. É o que se passa com os sistemas dinâmicos globais de natureza física, como sejam a atmosfera e a crosta terrestre, mas também com o ecossistema planetário, a economia mundial e a estrutura social da espécie humana (rede social humana).

Uma outra característica comum a estes sistemas, mas cuja formulação coloca problemas delicados, consiste no facto de que todos eles protagonizam evoluções que, de forma mais ou menos espetacular, são turbulentas; todos eles se afirmam como sistemas com capacidade para realizar o fenómeno de turbulência. O problema com esta formulação reside na inexistência duma teoria rigorosa para a turbulência. Não dispomos sequer duma definição universal para o respectivo conceito. Isto não impede, contudo, que avancemos com uma definição provisória, qual hipótese de trabalho, capaz de reunir consenso e de conduzir a bons resultados, qual seja, pensamos, a de turbulência como dinâmica típica de sistemas cujo número de graus de liberdade efectivos não tem limite superior e varia no tempo.

Note-se que esta definição é suficientemente geral para abranger os chamados regimes de turbulência totalmente desenvolvida, já que a evidência experimental da constituição de estruturas coerentes nos sistemas implicados, mesmo quando estes regimes são atingidos, constitui prova de que o respectivo número de graus de liberdade varia no tempo.

A complexidade emergente que podemos reconhecer, por observação dos sistemas que mencionámos, é, no caso da economia mundial ou da rede social humana, um fenómeno de classificação recente, se não mesmo ainda em vias de definição (12), e que resulta da já consumada globalização dos processos de comunicação. Quanto aos restantes sistemas, a novidade, se alguma, está somente na nossa aquisição de sensibilidade para o facto de que, por razões como as que apontámos acima, se torna urgente desenvolver teorias que nos permitam lidar coerentemente com a respectiva complexidade. Entretanto, todos eles se influenciam mutuamente: constata-

se que as flutuações económicas induzidas por actividades especulativas nos meios financeiros podem, eventualmente, alterar normas e estruturas sociais, ou modificar os padrões de utilização dos recursos naturais existente num dado ecossistema (13); tal como se constata que um pico na actividade sísmica numa dada região do globo (Kobe, Japão) pode, pelas convulsões económicas que causa, alterar de tal modo a configuração do mercado de futuros, que uma instituição financeira sediada nos antípodas seja levada à falência (Barings); tal como, ainda, se constata que a injeção de resíduos industriais líquidos, a grande profundidade e alta pressão, pode induzir padrões de actividade sísmica em regiões anteriormente inactivas (ver figuras 3,4) (14, 15).

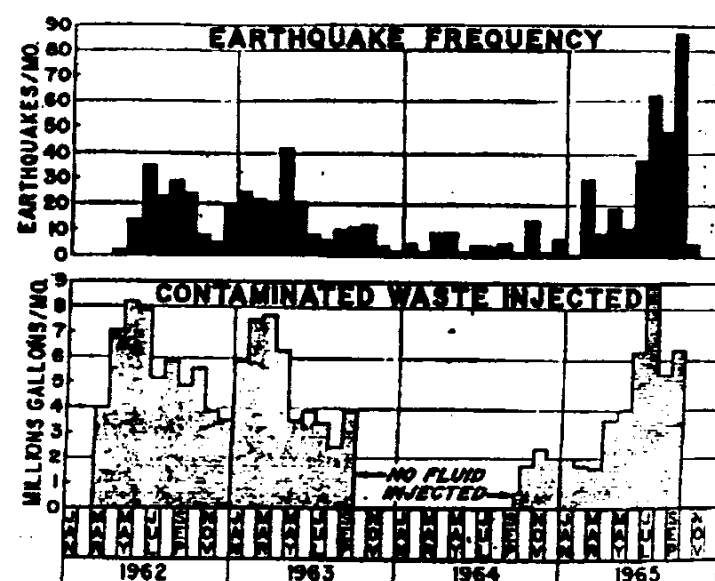


fig. 3 : Correlação entre a quantidade de fluido injectado e a ocorrência de sismos, em Denver, Colorado, EUA (15).

Esta trama de interações não torna o nosso problema intratável, mas convida ao uso de prudência e de humildade na sua abordagem. Adoptamos por isso a estratégia que consiste em ignorar temporariamente que elas ocorrem. Vamos isolar um destes sistemas e prosseguir, estudando-o, na tentativa de estabelecer e modelizar, inspirando-nos apenas nele, aquilo que é comum a todos. Há-de ser-nos concedido que este isolamento não reduz a complexidade do problema: o sistema que vamos considerar mantém, ainda assim, todos os ingredientes para que lhe possamos aplicar a definição de turbulência que adoptámos. Por outro lado, este método permite-nos contornar as dificuldades linguísticas com que depararíamos caso tentássemos a construção dum modelo comum, representativo de todos os sistemas, logo de início: as linguagens técnicas desenvolvidas no âmbito das disciplinas do saber que, tradicionalmente, vêm tomando estes sistemas como objecto dos respectivos estudos, não se equivalem, e não dispomos, ainda, duma metalinguagem que as integre. Considere-se, então, o caso da dinâmica de tensões associada à estruturação da crosta terrestre em sistemas de falhas. Trata-se de um regime de turbulência de sólidos (16) que, na literatura especializada, vem sendo descrito como regime de criticalidade auto-organizada (17). Esta expressão (indexadora dum conceito que, tal como o de turbulência, tem contornos indefinidos) foi cunhada para descrever regimes protagonizados por sistemas que, sem necessidade de intervenção externa, evoluem espontânea e permanentemente na vizinhança de pontos críticos. No caso em apreço, o seu uso traduz o reconhecimento de que a dinâmica de auto-organização dos sistemas de falhas encontra, nos campos de tensão que obedecem ao critério de ruptura quase por toda a parte, os seus estados atratores (18).

Mas, se, globalmente, e em virtude do que acabamos de dizer, a crosta terrestre se apresenta como um sistema duma complexidade irreduzível, já o mesmo não se passa a nível local, ou regional, envolvendo apenas um, ou poucos sistemas de falhas. Com efeito, dispomos de evidência experimental que aponta para um carácter caótico determinista, logo, com poucos graus de liberdade, como sendo o mais compatível com a dinâmica actual de certos sistemas regionais de falhas (Califórnia, Grécia, Japão e Irlanda) (19). A complexidade do sistema à escala global pode então ser pensada, por um lado, como resultante do acoplamento induzido entre as diferentes dinâmicas caóticas locais pela tectónica de placas, e por outro, como síntese da trama de interações que os sistemas de falhas estabelecem entre si e que são veiculadas pela propagação de ondas sísmicas. É importante notar que a

rede de comunicações que assim se desenvolve é uma rede cujo suporte físico podemos caracterizar como sendo um meio activo, não linear e possuidor de fontes internas de energia elástica acumulada, cuja libertação pode ser disparada por efeito de quaisquer pequenas perturbações externas, como sejam, por exemplo, as induzidas por ondas sísmicas, geradas naturalmente em regiões remotas, ou por fontes sísmicas artificiais (ver figuras 3,4) (20).

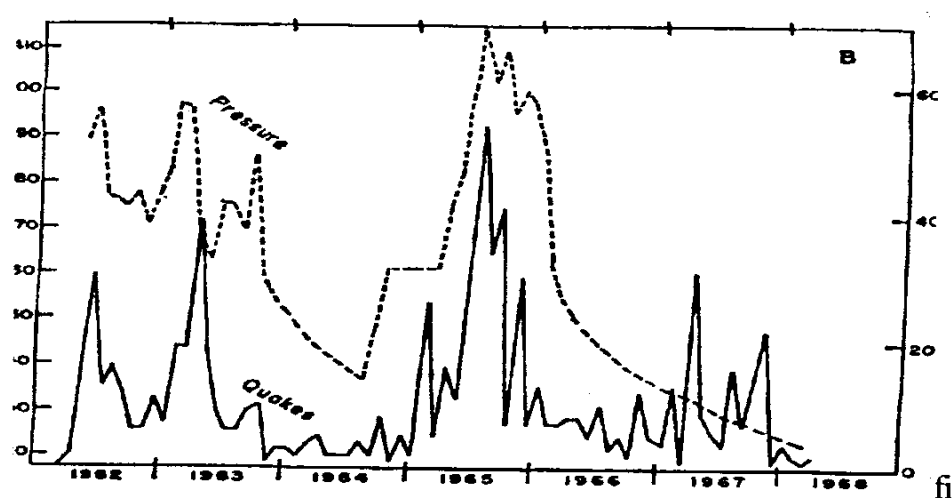


fig. 4 : Em abcissas, o tempo (1962-1968). Em ordenadas, e à esquerda, a pressão média mensal do fluido injectado (320-410 bars); em ordenadas, e à direita, o número de sismos (quakes) com magnitude igual ou superior a 1.5 (15).

Ora, se, no caso da tectónica de placas, temos que nos haver com uma escala de tempo que torna razoável modelizar o acoplamento induzido como constante, temos, todavia, que o mesmo não sucede para a interacção entre sistemas de falhas, ou entre sistemas de falhas e actividades humanas como a escavação de minas, a extracção de petróleo ou de gás natural, a construção de barragens, etc (21). Temos então que reconhecer que os canais de comunicação necessários ao estabelecimento de tais interacções nem sempre estão activos. Consequentemente, a emergência dos efeitos cooperativos associados a estas últimas, e que se manifesta pela constituição de estruturas espaço-temporais coerentes, varia no tempo. Por outras palavras, o número de graus de liberdade do sistema varia no tempo.

A fenomenologia, assaz rica, que assim se descreve pode também ser classificada por recurso a um outro conceito fundamental: o conceito de caos espaço-temporal (22). A sua importância, dados os fins que temos em vista, deriva do facto de ele corresponder à designação geralmente adoptada para descrever o comportamento de certos modelos dinâmicos, como sejam, os reticulados de aplicações caóticas globalmente acopladas (de 'coupled map lattices'; o termo 'lattice' é inexacto, mas está consagrado pelo uso; são redes cujos nós seguem um regime caótico determinista interno que afecta, e é afectado, por todos os restantes).

Estes modelos, cuja dinâmica se simula numericamente com relativa facilidade, têm sido intensamente estudados nestes últimos anos, e com a seguinte, interessante consequência: descobriu-se que, uma vez estabelecido um adequado ajuste dos seus parâmetros internos, por forma a induzi-los a evoluir na sua, assim chamada, fase parcialmente ordenada, eles protagonizam uma dinâmica que denotamos como caos erradicante (chaotic itinerancy), a qual reproduz, no essencial, o comportamento do sistema complexo em que centrámos a nossa atenção. Com efeito, uma vez atingida esta fase, estes modelos passam a evoluir de modo quase estacionário e a exhibir, espontaneamente, fenómenos de auto-organização, nos termos duma dinâmica cujo número de graus de liberdade efectivos varia no tempo. Isto sucede porque os atractores que, de certo modo, referenciam cada modelo nos respectivos subespaços de fase, subsistem apenas na forma de ruínas através das quais ele deambula, protagonizando fenómenos de crise em cujo decurso se estabelecem as conexões necessárias à sua transição entre subespaços de fase com dimensões diferentes. A ocorrência das comutações que assim se realizam, entre atractores, pode ser induzida externamente mediante a perturbação duma só dinâmica local, e ter, não obstante, efeitos remotos e globais (23).

É justamente por esta última razão que o argumento que temos vindo a desenvolver adquire maior relevância. A possibilidade, assim evidenciada, de incluir numa mesma classe de equivalência os sistemas complexos modelo e modelizado (reticulado e crosta terrestre), pelo que diz respeito ao

facto de as respectivas dinâmicas poderem ser moduladas globalmente pela via do recurso a pequenas perturbações locais, é um primeiro passo no sentido do estabelecimento duma engenharia de sistemas complexos. O passo seguinte, obviamente, é o que se dá pela averiguação das modalidades em que estas perturbações locais, e as consequentes alterações globais, podem ser executadas em ordem ao estabelecimento de determinadas trajectórias de fase, através dos diferentes subespaços, e não de outras. Este é, no fim e ao cabo, um problema de controlo de caos, a respeito do qual muito se pode dizer. Entretanto, e porque a modulação de regimes dinâmicos em que nos estamos a empenhar passa, importa lembrá-lo, pela atenuação de certas flutuações críticas em sistemas complexos que não apenas o que se define pelas falhas sísmicas na crosta terrestre, vamos antes discutir a incidência que a nossa argumentação tem na análise daqueles outros em que também estamos interessados.

Para este efeito, haveria que começar por estabelecer, com rigor, uma migração de conceitos entre os diferentes domínios disciplinares do saber científico actual. Neste sentido, que é o da promoção da interdisciplinaridade e da não compartimentação dos saberes, muito trabalho tem sido realizado pelos economistas. É de facto notável o modo como a construção de modelos e de teorias económicas tem, nos últimos dez anos, vindo a ser beneficiada com a introdução de conceitos oriundos da física estatística e da teoria dos sistemas dinâmicos não lineares (24).

A aplicação destes à análise das sucessões cronológicas geradas pelas economias e pelos mercados financeiros teve como consequência a detecção, nelas, de não linearidades e de caos determinista. É certo que, no caso da detecção de não linearidades, se pode dizer que tal não constitui surpresa, mas, pelo que diz respeito ao caos determinista, o caso é outro. O anúncio da detecção de evidência experimental em favor da presença de regimes caóticos em dinâmica económica tem sido recebido com moderação (25). Podemos mesmo dizer que não há consenso a este respeito. Isto acontece, em parte, porque os dados experimentais disponíveis para análise são escassos (sucessões cronológicas limitadas), o que torna a aplicação dos algoritmos de inversão um problema delicado, senão irresolúvel (26).

A maior dificuldade, porém, consiste no facto de que, para os economistas, um processo estocástico é indistinguível dum processo caótico de alta dimensão (24,26). E não há, obviamente, critério universal que permita afirmar que, se for rejeitada a hipótese duma dinâmica caótica com dimensão inferior a  $N$ , digamos, então se deva concluir pelo carácter aleatório do processo que esteja em análise.

Ora, se a economia é um sistema complexo, espacialmente distribuído, então, há que concedê-lo, para além das flutuações irregulares que exhibe no tempo (seja tal irregularidade caótica determinista ou não), ele manifesta-se também pela ocorrência de comutações de fase que lhe são endógenas; quer isto dizer que as próprias equações que regem a sua evolução são alteradas, segundo regras internas, no decurso de um processo que é despoletado localmente e que culmina com a transição do sistema entre regiões distintas do respectivo espaço de fase, sendo que, a uma tal transição, se associa uma alteração qualitativa do seu comportamento (27). Dito por outras palavras, o sistema complexo economia evolui através de subespaços de fase com dimensões distintas. Donde se segue que, em primeiro lugar, só esporadicamente poderemos esperar observar um comportamento caótico de baixa dimensionalidade, e, em segundo lugar, que devemos reconhecer no sistema o potencial para que tal comportamento se manifeste (28).

Estas conclusões são corroboradas por uma notável diversidade de modelos, independentemente do tipo de economia a que se aplicam (socialista ou de mercado), ou da faceta ou aspecto parcial que os inspirou (29). Merece especial reparo a circunstância de que a respectiva optimização decorre, por vezes, nos termos dum ajuste de parâmetros executado com vista à obtenção de comportamento caótico (30).

Realizado este modesto esforço no sentido de tornar verosímil a inclusão da economia global na classe de equivalência que constituímos, com o sistema complexo crosta terrestre e com os reticulados de aplicações caóticas acopladas em fase parcialmente ordenada (equivalência sob isomorfismo relativo às estruturas internas que, em cada sistema, são responsáveis pela fenomenologia comum observada), viramos agora a nossa atenção para o ecossistema global.

A possibilidade de incluir este último na mesma classe de equivalência dos primeiros é susceptível duma interessante motivação:

Considere-se o caso duma rede computacional que cresce até atingir uma



dimensão global (a Internet, por exemplo). Se os programas que nela correm forem interpretados como agentes, então, o problema duma alocação de recursos em seu benefício é análogo ao problema da atribuição de recursos aos elementos produtivos duma economia. Equivale isto a dizer que o crescimento das redes computacionais as torna semelhantes a economias de mercado. Por outro lado, se encarmos uma dessas redes como uma comunidade de processos concorrentes, tomada de perspectiva esta que, aliás, é perfeitamente lícita, então ela configura-se como um verdadeiro ecossistema (computacional) (31).

Seja como for que as queiramos encarar, o importante é que, em qualquer dos casos, ecossistemas computacionais ou mercados computacionais, a respectiva dinâmica exhibe um comportamento oscilatório e caótico. Não menos significativo é também o facto de nelas (na Internet, em particular) se registar um fenómeno característico das dinâmicas de criticalidade auto-organizada, como seja, o chamado ruído em  $1/f$  (32).

Certamente que, procedendo esta nossa argumentação por analogia, ela não constitui prova da possibilidade de inclusão do ecossistema global na classe de equivalência já constituída. Mas permite-nos receber com naturalidade a notícia de que, por outras vias, muitos estudos independentes têm conduzido a conclusões que apontam, sem grande margem para dúvidas, nesse sentido:

Face ao ecossistema global, estamos, na verdade, perante um sistema complexo que evolui espontaneamente em direcção aos pontos críticos do respectivo espaço de fase e que, de algum modo, consegue como que estabilizar na sua vizinhança. E isto verifica-se sem que haja perda da sua capacidade para, ao menos esporadicamente, realizar o colapso da complexidade assim manifestada, passando a evoluir nos termos duma simples dinâmica caótica determinista (33).

É interessante observar que o argumento sobre redes computacionais acima introduzido poderia, *mutatis mutandis*, ter sido usado para motivar antes o que primeiro dissemos a respeito da economia global; as teses apresentadas corroboram-se mutuamente.

#### IV

A abordagem que estamos a fazer da problemática que motivou todas estas nossas reflexões, conquanto possuidora duma forte componente descritiva, foi, recordamo-lo, induzida pela consciência dum dever de acção. Uma consciência que se agudiza pela constatação de que não somos, neste teatro de operações em que evoluem os diversos sistemas complexos referidos, meros espectadores.

Somos observadores participantes cuja capacidade de controlo sobre os processos envolvidos, e envolventes, é, quanto muito, uma capacidade para moderar, modular ou intensificar o grau da respectiva participação. Mas quão poderoso e delicado é este dom:

Estabelecida a equivalência mútua dos sistemas complexos analisados, isto é, estabelecida com eles uma classe de equivalência sob isomorfismo relativo às estruturas (quaisquer que sejam) responsáveis pelas características dinâmicas que evidenciámos serem comuns, seja certo reticulado de aplicações caóticas globalmente acopladas o representante da classe.

Admitamos a existência, entre este reticulado e um, ou mais observadores participantes de tantos canais de comunicação quantos julgarmos convenientes (em número finito). O fluxo de informação que por eles flui, do reticulado para o observador, entendido como produção discursivo semiótica do primeiro, pode pelo segundo ser interpretado nos termos duma dinâmica simbólica, queremos dizer, em particular, nos termos de um 'algoritmo de inversão' que lhe permite reconstituir a termodinâmica abstracta do sistema ou subsistema que gerou o fluxo (34). A capacidade semiótica de interpretação do algoritmo permite, além desta extracção das características termodinâmicas essenciais da dinâmica caótica fonte de informação, que o observador identifique o regime particular por ela seguido no momento da emissão, isto é, por exemplo, se a emissão foi feita no decurso duma transição entre subespaços de fase (35).

Admitamos agora que os canais de comunicação existentes, permitindo fluxos de informação nos dois sentidos, constituem um suporte físico adequado ao exercício de pequenas perturbações sobre as dinâmicas locais do reticulado, nos moldes em que o nosso observador participante possa

desejar executá-las.

Torna-se-lhe então possível intervir de modo selectivo na dinâmica do sistema, de modo a orientar a respectiva trajectória de fase no sentido que for julgado conveniente, e sem que, por esse motivo, o sistema seja destituído das suas características fundamentais.

Com efeito, as técnicas de controlo de caos, desenvolvidas desde 1990, beneficiam já de numerosas confirmações de eficácia, tanto numérica como experimental (36). Quanto ao trabalho teórico que conduziu ao seu desenvolvimento, interessa-nos especialmente pelas suas seguintes consequências: o controlo sobre a evolução caótica dos sistemas é garantido independentemente do tipo de caos em presença, bem como da dimensionalidade dos atractores que lhe são subjacentes (37). O mesmo vale para o caso, que é o nosso, em que a dinâmica local a controlar se encontre inserida num ambiente que a possa afectar de modo irregular (38).

Pode então suceder que, ao analisar a sucessão cronológica definida pela produção semiótica dum certo número de dinâmicas locais, o nosso observador constata o gradual desenvolvimento duma dinâmica simbólica (entenda-se, dum certo conjunto de órbitas simbólicas) que seja indiciador de que, no sistema termodinâmico abstracto subjacente, se desenvolve uma determinada flutuação. O observador reconhece este processo como a formação duma estrutura coerente, logo, como uma redução (local) progressiva do número de graus de liberdade efectivos, logo, como uma possível transição entre determinados subespaços de fase distintos. Na qual poderá estar interessado ou não.

Suponhamos que não está. Suponhamos que lhe interessa antes uma outra transição, dirigida para um outro subespaço de fase, na medida em que esta última, a consumir-se, se traduz pelo amortecimento dos efeitos indesejáveis que, antecipa ele, possam ser causados pelo crescer da flutuação que detectou.

A indução das dinâmicas locais observadas, numa trajectória de fase consentânea com o regime caótico que melhor serve os objectivos do nosso observador participante, passa, então, pela indução dessas dinâmicas no sentido da geração das órbitas simbólicas cuja termodinâmica subjacente ou, melhor dizendo, cujo processo termodinâmico subjacente vai no sentido de relaxar a flutuação inicial. Ora, a exequibilidade de um tal controlo fino de dinâmicas caóticas já foi alvo de demonstração experimental (39).

Vejamos então que incidência têm estas ideias no estudo dum sistema complexo acerca do qual ainda pouco dissemos: a rede social humana global.

Também neste caso se constata o progresso que tem sido feito, na compreensão dos fenómenos objecto de análise, pela importação de conceitos provenientes da física estatística e da teoria dos sistemas dinâmicos não lineares.

Este progresso é, para nós, particularmente significativo na medida em que permite que seja atingida uma relativa compreensão do modo como, por exemplo, o impacto social atingido por um grupo de políticos se pode manifestar pela emergência de processos colectivos de auto-organização, ou de caos, quando os processos adaptivos de tomada de decisões em órgãos de poder integram, melhor ou pior, o conflito sempre existente entre a implementação de políticas e os estudos de previsão que as sugerem, apoiam ou contraditam (40).

Adquirida esta perspectiva, damo-nos conta de que uma nova luz é lançada na compreensão do modo como certas pequenas perturbações locais da rede social humana, como sejam, as sondagens à opinião pública, vão contribuindo para instituir os quadros de referência relativamente aos quais se afirmará depois o sentimento de um eleitorado (41). E damo-nos também conta de como é suspeita a imputação de erro que lhes é feita, a posteriori, quando as suas (alegadas) previsões se não realizam, como que branqueando a intenção que as poderá ter determinado. Porque a instituição destes quadros de referência altera, paulatinamente, a configuração assumida pelas preferências desse eleitorado relativamente ao espaço de alternativas políticas que lhe são propostas.

Ora, sob condições técnicas absolutamente nada restritivas, queremos dizer, que não são meras curiosidades académicas, pode então induzir-se o estabelecimento ocasional de um perfil de preferências adequado à ignição de uma dinâmica caótica, nos termos da qual o eleitorado é arrastado segundo uma trajectória de fase que visita todos os conjuntos de alternativas, no espaço das políticas possíveis (42). A riqueza dos comportamentos que um sistema complexo, ou mesmo apenas caótico pode

assumir garante, pois, que os diferentes subespaços de alternativas políticas, identificados ou marcados pelas diferentes ideologias porventura em confronto, são, todos eles, visitados, entenda-se, favorecidos ocasionalmente pelo sentimento dos eleitores.

Uma vez realizado este estado de coisas, estamos perante um sistema ao qual se aplica o método de controlo que acima apresentámos. Podemos induzi-lo a deambular no espaço de todas as alternativas, explorando moderadamente as possibilidades que nos oferecem. Mas podemos também provocar-lhe um bloqueamento de fase (phase locking) num subespaço favorecido por critérios quaisquer.

Assim se poderá compreender como candidatos, partidos ou coligações apresentados pelas sondagens como derrotados, à partida para um acto eleitoral, e nisto consiste a indução de um perfil de preferências que viabiliza a ignição duma dinâmica caótica, surjam depois, fechadas as urnas, como vencedores, em virtude dum certo e momentâneo bloqueamento de fase da dinâmica caótica induzida, no subespaço das alternativas políticas que são favorecidas ideologicamente pelos mentores dessas sondagens.

Ou talvez não.

Talvez os desenvolvimentos científicos que aqui procurámos expor não tenham ainda sido divulgados, ao ponto de despertarem o interesse e a cobiça de grupos políticos ou financeiros. A este respeito, o mais prudente, pensamos, é guardar reserva. Até porque a metodologia de controlo por 'modulação' das trajectórias de fase de sistemas complexos oferece, ainda, dificuldades técnicas (como a recém-descoberta dependência sensível extrema a parâmetros e às condições iniciais (43)) que tornam a sua implementação muitíssimo delicada.

A superação destas e doutras dificuldades passa, em nosso entender, pelo estabelecimento das leis que regem as estruturas que, em cada um dos sistemas complexos aqui considerados, são responsáveis pela notável fenomenologia cuja classificação nos permite incluí-los numa mesma classe de equivalência. Mas este desenvolvimento teórico corresponde a um esforço que não queremos desenvolver aqui e agora.

Reflectamos.

A disposição de espírito que nos levou ao paciente arrolar de quantas ideias aqui foram expostas mantém, no essencial, a sua actualidade. Quaisquer que sejam as dificuldades, técnicas ou conceptuais, que se nos ofereçam no desenvolvimento da engenharia de sistemas complexos cuja proposta aqui esboçámos, elas são, perante a gravidade da situação que motivou o apelo formulado no início, menores.

Suponhamos que estão resolvidas. A nossa relação com o sistema complexo global é, então, a nossa relação com um mundo cuja trajectória de fase podemos orientar. Mas, em que sentido devemos fazê-lo?

A resposta a esta pergunta não será encontrada nas linhas cuja redacção agora vamos terminando. Destas, se deduz apenas o contexto em que nos foi dado formulá-la, incontornável e urgente. De nós, tem ela que brotar, e da generosidade com que for dada se aquilatará do seu valor.

Luis Calvão Borges

#### Bibliografia

- (1) Union of Concerned Scientists, 1992, in Patten, B.C., 1994, Ecological Systems Engineering: Toward Integrated Management of Natural and Human Complexity in the Ecosphere, *Ecol. Modelling*, 75/76, 653.
- (2) Jorgensen, S.E., Patten, B.C., Straskraba, M., 1992, Ecosystems Emerging: Toward an Ecology of Complex Systems in a Complex Future, *Ecol. Modelling*, 62, 1.
- (3) Waldrop, M.M., *Complexity*, Penguin Books, 1994.
- (4) Department of Humanitarian Affairs, United Nations, 1993, Complex Emergencies and Natural Disasters in 1992: an Overview, *DHA News*, Special Edition, January/February.
- (5) Degg, M., 1992, Natural Disasters: Recent Trends and Future Prospects, *Geography*, 198-209.
- (6) Assembleia Geral das Nações Unidas, Resoluções 42/169 de 1987 e 43/202 de 1988. Rapport du Secrétaire Général, 1988, A/43/723.
- (7) Rawls, J., *Uma Teoria da Justiça*, Editorial Presença, Lisboa, 1993.
- (8) Apel, K.-O., 1992, A Necessidade, a Aparente Dificuldade e a Efectiva Possibilidade de uma Macroética Planetária da (para a) Humanidade, *Revista de Comunicação e Linguagens*, 15/16, 11.
- (9) Shama, C.L., Pathria, R.K., Kameshu, 1982, Critical Behavior of a Class of Nonlinear Stochastic Models of Diffusion of Information, *Phys. Rev. A*, 26, 6, 3567.
- (10) Matsusaka, J.G., Sbordone, A.M., 1995, Consumer Confidence and Economic Fluctuations, *Economic Inquiry*, XXXIII, 296.
- (11) Paulo VI, *Populorum Progressio*, União Gráfica, Lisboa, 1967.
- (12) Allen, P.M., Phang, H.K., Evolution, Creativity and Intelligence in Complex Systems, in Haken, H., Mikhailov, A., eds., *Interdisciplinary Approaches to Nonlinear Complex Systems*, Springer-Verlag, 1993.
- (13) Robinson, J.M., 1994, Global Change and Regional Integrity, *Ecol. Modelling*, 75/76, 213.
- (14) Healy, J.H., Hamilton, R.M., Raleigh, C.B., 1970, Earthquakes Induced by Fluid Injection and Explosion, *Tectonophysics*, 9, 205.

- (15) Healy, J.H., Rubey, W.W., Griggs, D.T., Raleigh, C.B., 1968, The Denver Earthquakes, *Science*, 161, 3848, 1301.
- (16) Kagan, Y.Y., 1992, Seismicity: Turbulence of Solids, *Nonlinear Sci. Today*, 2, 1, 1.
- Li, Q., Nyland, E., 1991, A New Approach to Modelling of the Dynamics of the Lithosphere, *J. Geophys. Res.*, 96, B12, 20301.
- (17) Bak, P., Tang, C., 1989, Earthquakes as a Self-Organized Critical Phenomenon, *J. Geophys. Res.*, 94, B11, 15635.
- Ito, K., Matsusaki, M., 1990, Earthquakes as Self-Organized Critical Phenomena, *J. Geophys. Res.*, 95, B5, 6853.
- Barriere, B., Turcotte, D.L., 1994, Seismicity and Self-Organized Criticality, *Phys. Rev. E*, 49, 2, 1151.
- (18) Sornette, D., Davy, P., Sornette, A., 1990, Structuration of the Lithosphere in Plate Tectonics as a Self-Organized Critical Phenomenon, *J. Geophys. Res.*, 95, B11, 17353.
- (19) Huang, J., Turcotte, D.L., 1990, Evidence for Chaotic Fault Interactions in the Seismicity of the San Andreas Fault and Nankai Trough, *Nature*, 348, 234.
- McCloskey, J., Bean, C.J., Jacob, A.W.B., 1991, Evidence for Chaotic Behavior in Seismic Wave Scattering, *Geophys. Res. Lett.*, 18, 10, 1901.
- Pavlos, G.P., Karakatsani, L., Latoissakis, J.B., Dialetis, O., Papaioannou, G., 1994, Chaotic Analysis of a Time Series Composed of Seismic Events Recorded in Japan, *Int. J. Bifurcation and Chaos*, 4, 1, 87.
- (20) Hill, D.P., Reasenber, P.A., Michael, A., et al., 1993, Seismicity Remotely Triggered by the Magnitude 7.3 Landers, California, Earthquake, *Science*, 260, 1617.
- Beresnev, I.A., Nicolaeveskiy, V.N., 1993, A Model for Nonlinear Seismic Waves in a Medium With Instability, *Physica D*, 66, 1.
- (21) Simpson, D.W., 1986, Triggered Earthquakes, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 14, 21.
- (22) Crutchfield, J.P., Kaneko, K., Phenomenology of Spatio-Temporal Chaos, in Hao, B.-L., ed., *Directions in Chaos*, Vol. 1, World Scientific, 1987.
- Miltenberger, P., Sornette, D., Vanneste, C., 1993, Fault Self-Organization as Optimal Random Paths Selected by Critical Spatio-Temporal Dynamics of Earthquakes, *Phys. Rev. Lett.*, 71, 21, 3604.
- Senatorski, P., 1994, Spatio-Temporal Evolution of Faults: Deterministic Model, *Physica D*, 76, 420.
- (23) Kaneko, K., 1990, Clustering, Coding, Switching, Hierarchical Ordering, and Control in a Network of Chaotic Elements, *Physica D*, 41, 137.
- Kaneko, K., 1991, Globally Coupled Circle Maps, *Physica D*, 54, 5.
- (24) Brock, W.A., Malliaris, A.G., *Differential Equations, Stability and Chaos in Dynamic Economics*, North-Holland, 1989.
- (25) Chen, P., Empirical and Theoretical Evidence of Economic Chaos, in Hao, B.-L., ed., *Chaos II*, World Scientific, 1990.
- (26) Jaditz, T., Sayers, C.L., 1993, Is Chaos Generic in Economic Data?, *Int. J. Bifurcation and Chaos*, 3, 3, 745.
- Scheinkerman J.A., 1994, Nonlinear Dynamics in Economics and Finance, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 346, 235.
- (27) Day, R.H., 1992, Complex Economic Dynamics: Obvious in History, Generic in Theory, Elusive in Data, *Journal of Applied Econometrics*, 7, S9.
- (28) Keenan, D.C., O'Brien, M.J., 1993, Competition, Collusion and Chaos, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 17, 327.
- Aoki, M., 1994, New Macroeconomic Modelling Approaches, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, 865.
- (29) Medio, A., 1991, Discrete and Continuous-Time Models of Chaotic Dynamics in Economics, *Structural Change and Dynamic Economics*, 2, 1, 99.
- Honnmes, C.H., Nusse, H.E., Simonovits, A., 1995, Cycles and Chaos in a Socialist Economy, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 19, 155.
- Silverberg, G., Lehnert, D., 1993, Long Waves and 'Evolutionary Chaos' in a Simple Schumpeterian Model of Embodied Technical Change, *Structural Change and Economic Dynamics*, 4, 1, 9.
- Larsen, E.R., Morecroft, J.D.W., Thomsen, J.S., Mosekilde, E., 1993, Devil's Staircase and Chaos from Macroeconomic Mode Interaction, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 17, 759.
- (30) Majumdar, M., Mitra, T., 1994, Periodic and Chaotic Programs of Optimal Intertemporal Allocation in an Aggregative Model with Wealth Effects, *Economic Theory*, 4, 5, 649.
- (31) Huberman, B.A., Hogg, T., 1995, Distributed Computation as an Economic System, *Journal of Economic Perspectives*, 9, 1, 141.
- Kephart, J.O., Hogg, T., Huberman, B.A., 1989, Dynamics of Computational Ecosystems, *Phys. Rev. A*, 40, 1, 404.
- (32) Csabai, L., 1994, 1/f Noise in Computer Network Traffic, *J. Phys. A*, L417.
- (33) Solé, R.V., López, D., Ginovart, M., Valls, J., 1992, Self-Organized Criticality in Monte Carlo Simulated Ecosystems, *Phys. Lett. A*, 172, 56.
- Bak, P., Flyvbjerg, H., Lautrup, B., 1992, Coevolution in a Rugged Fitness Landscape, *Phys. Rev. A*, 46, 10, 6724.
- Rand, D.A., 1994, Measuring and Characterizing Spatial Patterns, Dynamics and Chaos in Spatially Extended Dynamical Systems and Ecologies, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 348, 497.
- (34) Beck, C., Schlögl, F., *Thermodynamics of Chaotic Systems*, Cambridge University Press, 1993.
- (35) Lefranc, M., Glorieux, P., Papoff, F., Molesti, F., Arimondo, E., 1994, Combining Topological Analysis and Symbolic Dynamics to Describe a Strange Attractor and its Crises, *Phys. Rev. Lett.*, 73, 10, 1364.
- Kluivring, R., Capel, H.W., Pasmanter, 1992, Symbolic Dynamics of Fully Developed Chaos I, *Physica A*, 183, 67.
- Just, W., 1994, On the Thermodynamic Approach Towards Time-Series Analysis, *J. Phys. A*, 27, 3029.
- (36) Chen, G., Dong, X., 1993, From Chaos to Order - Perspectives and Methodologies in Controlling Chaotic Nonlinear Dynamical Systems, *Int. J. Bifurcation and Chaos*, 3, 6, 1363.
- (37) Auerbach, D., Grebogi, C., Ott, E., Yorke, J.A., 1992, Controlling Chaos in High Dimensional Systems, *Phys. Rev. Lett.*, 69, 24, 3479.
- Wancke, J., Bauer, M., Martensen, W., 1994, Multiparameter Control of High-Dimensional Chaotic Systems, *Europhys. Lett.*, 25, 5, 323.
- (38) Ding, M., Ott, E., Grebogi, C., 1994, Controlling Chaos in a Temporally Irregular Environment, *Physica D*, 74, 386.
- (39) Hayes, S., Grebogi, C., Ott, E., 1993, Communicating With Chaos, *Phys. Rev. Lett.*, 70, 20, 3031.
- Hayes, S., Grebogi, C., Ott, E., Mark, K., 1994, Experimental Control of Chaos for Communication, *Phys. Rev. Lett.*, 73, 13, 1781.
- (40) Lewenstein, M., Nowak, A., Latané, B., 1992, Statistical Mechanics of Social Impact, *Phys. Rev. A*, 45, 2, 763.
- Latané, B., Nowak, A., Lin, J.H., 1994, Measuring Emergent Social Phenomena: Dynamism, Polarization, and Clustering as Order Parameters of Social Systems, *Behavioral Science*, 39, 1.
- Kusch, M.G., Ydstie, B.E., 1994, Drift Instabilities and Chaos in Forecasting and Adaptive Decision Theory, *Physica D*, 72, 309.
- (41) Mesquita, M., 1995, O Incerto Mundo das Sondagens de Opinião, *Diário de Notícias*, 15, 28 de Abril.
- (42) Richards, D., 1994, Intransitivities in Multidimensional Spatial Voting: Period Three Implies Chaos, *Social Choice and Welfare*, 11, 2, 109.
- (43) Lai, Y.-C., Winslow, R.L., 1994, Extreme Sensitive Dependence on Parameters and Initial Conditions in Spatio-Temporal Chaotic Dynamical Systems, *Physica D*, 68, 299.

# Visualização 3D no PC

Neste artigo vou explicar algumas técnicas básicas que possibilitam apresentar objectos tridimensionais no ecran do nosso computador. É possível que já muitos tenham uma ideia de como isto se faz, mas mesmo assim achei que seria interessante escrever sobre isto.

Vamos começar por definir a nossa posição no espaço: encontramos-nos na origem do nosso referencial (como seria de esperar de um bom referencial próprio) a "olhar" na direcção dos  $z$  negativos, estando o eixo dos  $xx$  virado para a nossa direita e o dos  $yy$  para cima (ver fig.1).

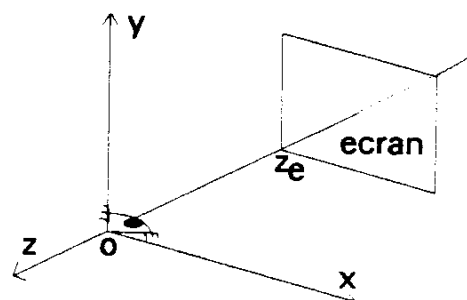


fig.1 -  $z_e$  é a coordenada  $z$  (negativa) de todos os pontos do ecran.

É evidente que só vemos objectos com coordenada  $z$  negativa. É importante ter cuidado a nível de programação no computador, porque é necessário

fazer ajustes às coordenadas  $x$  e  $y$  para a origem do ecran ser no seu centro (sem ajustes a origem situa-se no canto superior esquerdo) e para a escala estar correcta!

Para obtermos as coordenadas dos pontos no ecran correspondentes aos pontos no espaço é necessário fazer uma projecção cónica (ver fig.2).

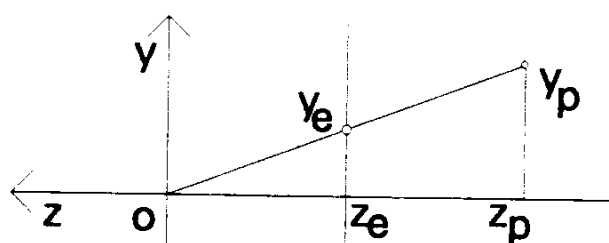


fig.2 - projecção cónica.

Pelo teorema de Tales obtemos:

$$\frac{y_e}{z_e} = \frac{y_p}{z_p} \quad ; \quad \frac{x_e}{z_e} = \frac{x_p}{z_p} \quad \Rightarrow$$

$$y_e = \frac{y_p}{z_p} z_e \quad ; \quad x_e = \frac{x_p}{z_p} z_e$$

Temos, assim, uma transformação, não linear, que nos dá as projecções dos pontos  $(x_p, y_p, z_p)$  do espaço nos pontos  $(x_e, y_e)$  do ecran. Para projectar segmentos de recta basta projectar os dois pontos das extremidades e uni-los no ecran.

Já sabemos "ver". Falta agora movermo-nos. A filosofia que seguiremos traduz-se na existência de uma matriz  $M$  que, aplicada aos pontos do espaço com coordenadas no referencial absoluto, os transforma em pontos no nosso referencial. Depois de aplicarmos  $M$  podemos, então, fazer a projecção cónica e obter os nossos pontos no ecran. Resta, agora, saber quais os elementos de  $M$ . O que acontece é que esta matriz irá sendo construída à medida que nos movimentamos pelo espaço. Inicialmente os dois referenciais coincidem, logo  $M_0$  é a matriz identidade. Se nos movermos, a nova matriz  $M_1$  é obtida pelo produto da matriz que descreve o nosso movimento,  $T$ , pela matriz  $M_0$  antiga. Assim, cada vez que nos movermos só temos que fazer um produto matricial e temos a transformação de coordenadas que necessitamos!

Antes de passarmos à descrição das matrizes de movimentos é necessário introduzir as coordenadas homogêneas que são essenciais no tratamento

matricial das translações. Neste sistema os pontos têm 4 coordenadas  $(x, y, z, w)$  e para se obter as coordenadas no sistema habitual basta dividir todas por  $w$ :  $(X, Y, Z) = (x/w, y/w, z/w)$ . Assim,  $w$  pode ser interpretado como um factor de escala. Para o que nós queremos basta considerar  $w=1$  donde resulta que os valores das coordenadas  $X, Y, Z$  do espaço são iguais aos valores das coordenadas homogêneas.

Vamos, então, ver as matrizes que descrevem os movimentos. Começemos pelas translações.

Se nos movermos 10 metros para a frente vemos todos os objectos a deslocarem-se 10 metros na direcção contrária ao nosso deslocamento, ou seja, no nosso referencial todos os objectos se moveram segundo um vector simétrico àquele que nos serviu de "carril". Como é lógico, a matriz associada deve reflectir isto.

$(x_0, y_0, z_0, 1)$ : coordenadas dos pontos antes do movimento

$(x_1, y_1, z_1, 1)$ : coordenadas dos pontos depois do movimento

$(\Delta x, \Delta y, \Delta z, 1)$ : vector segundo o qual nos deslocamos

$$x_1 = x_0 - \Delta x$$

$$y_1 = y_0 - \Delta y$$

$$z_1 = z_0 - \Delta z$$

ou, em representação matricial:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ w_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -\Delta x \\ 0 & 1 & 0 & -\Delta y \\ 0 & 0 & 1 & -\Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{pmatrix} = T \cdot r_0$$

$r_1 = M_1 \cdot r_0$ , neste caso  $M_1 = T \cdot M_0 = T \cdot I$  logo  $r_1 = T \cdot r_0$  como vimos.

Se agora nos movimentássemos segundo o vector simétrico aquele considerado, voltaríamos à posição inicial. Assim, a matriz  $M$  teria de voltar a ser a identidade. Conclui-se que a matriz associada a este segundo movimento teria de ser a inversa de  $T$  calculada anteriormente. De facto:

$$T_2 \cdot T_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta x \\ 0 & 1 & 0 & \Delta y \\ 0 & 0 & 1 & \Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -\Delta x \\ 0 & 1 & 0 & -\Delta y \\ 0 & 0 & 1 & -\Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = I$$

$$\Rightarrow T_2 \cdot T_1 \cdot M = M$$

Passemos, agora, às rotações. As rotações que vamos considerar serão apenas em torno dos nossos três eixos próprios ( $x, y$  e  $z$ ) no sentido directo (contrário ao dos ponteiros do relógio). São, na realidade, as mais simples e imediatas. Vejamos como são as rotações a 2D:

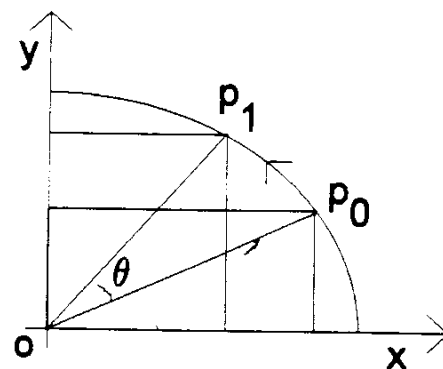


fig.3 - rotação em torno do eixo dos  $z$ .

É fácil ver que as coordenadas depois da transformação são dadas pelo seguinte sistema:

$$x_1 = x_0 \cos \theta - y_0 \sin \theta$$

$$y_1 = x_0 \sin \theta + y_0 \cos \theta$$

ou, em notação matricial :

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C & -S & 0 & 0 \\ S & C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{onde } C = \cos \theta \text{ e } S = \sin \theta$$

Estas igualdades surgem das fórmulas trigonométricas do cosseno e seno da soma de dois ângulos, neste caso  $\theta$  e o ângulo de  $P_0$  com o eixo dos  $xx$ .

Sucedee, à semelhança das translações, que, quando giramos, por exemplo, no sentido directo em torno do eixo do  $zz$ , todos os objectos, no nosso referencial, rodam o mesmo ângulo na direcção oposta. Assim, para escrever a matriz correspondente à rotação considerada basta pegar nas transformações acima indicadas e considerar um ângulo negativo  $-\theta$  ( $\theta$  continua a ser o ângulo que nós giramos no sentido directo):

$$\cos(-\theta) = \cos \theta = C$$

$$\sin(-\theta) = -\sin \theta = -S$$

$$x_1 = x_0 \cos \theta + y_0 \sin \theta$$

$$y_1 = -x_0 \sin \theta + y_0 \cos \theta$$

$$z_1 = z_0$$

ou, em notação matricial :

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C & S & 0 & 0 \\ -S & C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{pmatrix} = R_z \cdot r_0$$

Tal como acontecia nas translações, para obter a matriz  $M$  de transformação de coordenadas, basta multiplicar a matriz rotação  $R_z$  pela matriz  $M$  anterior.

Verifica-se facilmente que as matrizes correspondentes às rotações segundo  $xx$  e  $yy$  são as seguintes (fica como exercício, ah, ah, ah!):

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C & S & 0 \\ 0 & -S & C & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{e} \quad R_y = \begin{pmatrix} C & 0 & -S & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ S & 0 & C & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Para finalizar farei apenas algumas considerações.

Suponhamos que nos encontramos no equador de uma esfera e queremos rodar sobre o eixo da esfera e não sobre um eixo próprio (que foi o que aprendemos). Basta-nos recorrer a uma translação até ao centro da esfera, rodar sobre o eixo próprio (que agora corresponde ao eixo da esfera), e executar a translação inversa à utilizada:

$$M = T^{-1} \cdot R_y \cdot T \cdot M_0$$

Temos admitido que nos movemos num espaço infinito onde todos os objectos estão estáticos, mas podemos querer que os objectos se movam. Neste caso basta-nos aplicar às coordenadas dos pontos no espaço, até aqui imutáveis, as matrizes correspondentes ao movimento do objecto, e alterá-las realmente (mas cuidado porque as matrizes indicadas são as inversas das que descrevem o movimento real - isto porque agora são os pontos que se movem e não nós próprios!). Só depois das coordenadas alteradas é que aplicamos a matriz  $M$  de transformação de coordenadas e a projecção

cónica.

Espero que tenha sido uma exposição clara. Quem quiser saber mais basta consultar qualquer livro de computação gráfica pois, em princípio, todos(?) terão isto explicado e muito mais. Embora isto seja apenas o princípio já dá para fazer coisas interessantes, para quem tenha paciência e imaginação suficientes. A partir de aqui não existem limites!

Filipe Ribeiro

## Teoremas Egrégios

*Seja  $f$  uma função.*

*Se  $f$  está definida num intervalo fechado do conjunto dos números reais e toma valores nesse conjunto, então  $f$  é contínua (Brouwer, 1924).*

Comentários :

1º - Não há qualquer gralha no enunciado deste teorema. Aquilo que se afirma é, de facto, que todas as funções reais de variável real são contínuas (aparte a restrição a um fechado).

2º - A leitora ou o leitor que nisso tenham interesse poderão encontrar uma demonstração rigorosa deste teorema entre as páginas 324 e 331 do livro de Saunders Mac Lane e Ieke Moerdijk, "Sheaves in Geometry and Logic: a First Introduction to Topos Theory", editado pela Springer-Verlag em 1992 (existe um exemplar na biblioteca do departamento de Matemática do IST, e um outro na biblioteca do departamento de Matemática da FCL).

3º - Quando dizemos que a demonstração deste teorema, por Mac Lane e Moerdijk, é rigorosa, queremos dizer que, perante ela, nem mesmo o general Bourbaki terá qualquer reparo a fazer.

4º - Talvez por este motivo, recomendamos, a quem queira consultá-la, que, no caso de não se sentir particularmente inspirado, comece por fazer um doutoramento em Matemática. Não porque se trate de uma condição necessária para a compreender (aliás, nem sequer é suficiente, suspeitamos), mas porque ajuda muito.

5º - Segundo certos textos, que podem muito bem não ser apócrifos, a descoberta dos números irracionais, há dois ou três mil anos, gerou escândalo. Os seus autores terão mesmo chegado a recluir pelas respectivas vidas.

6º - Recomendamos vivamente aos alunos e às alunas das cadeiras de Análise que, ao realizarem os respectivos exames, procedam como se de nada soubessem acerca deste teorema (nunca se sabe...).

7º - A teoria dos números reais admite (na primeira ordem) um modelo com a potência do contínuo, logo, admite uma infinidade de modelos não isomorfos (este é outro teorema egrégio, sobre o qual falaremos noutra oportunidade (Löwenheim 1915, Skolem 1920)).

8º - O teorema de Brouwer é falso nalguns modelos (universos, topoi) e é verdadeiro noutros. A sacrossanta verdade matemática depende do universo em que se formalizam as proposições; é relativa! As proposições matemáticas são verdadeiras ou falsas módulo a lógica do universo em que são 'proferidas'.

9º - O comentário nº 8 constitui uma trivialidade.

10º - A não percepção da justeza do comentário nº 9 constitui sintoma de grave patologia.

11º - O escândalo referido no comentário nº 5 foi provocado pelo vírus cujos efeitos são referidos no comentário nº 10.

12º - Dada a inexistência duma vacina, recomenda-se a prevenção. Tolerância e abertura de espírito.

Luis Calvão Borges



## Praticamente sem teoria ...

Desde há milhares de anos que o homem utiliza instrumentos e métodos que só nos dois últimos séculos obtiveram descrição física. No entanto como a necessidade prática é mais forte que a necessidade intelectual, o homem com a ajuda da experiência e da intuição conseguiu construir instrumentos que lhe facilitaram muito a vida ao longo dos séculos.

Hoje vou aqui descrever um sistema automático de rega que não precisa nem de computadores, nem de circuitos integrados, nem de contactores, nem de temporizadores, nem de nada da tecnologia moderna. E nem precisa que alguém carregue numa tecla ou num botão para o sistema começar a funcionar, e pode funcionar durante séculos sem a intervenção do homem.

Já devem estar a pensar numa coisa complicadíssima, cheia de roldanas, rodas dentadas e cordas. Mas não, apenas necessita de uma nascente de água, de uma poça (designação tradicional de um reservatório de água com cerca de um metro de profundidade no máximo e alguns metros quadrados de superfície), de algumas pedras, de uma tábua e terra.

Num dos lados da poça (normalmente oposto ao lado por onde entra a água) está uma pedra ou conjunto de pedras que contém um canal no seu interior (ver figura). Por facilidade de construção tapa-se a parte de cima do canal com uma tábua em vez de pedras. Todas as frestas entre a tábua e a pedra devem ser tapadas com lodo para que não possa entrar ar dentro do canal.

E é só isto a constituição do sistema. Agora passo a descrever o seu funcionamento.

Consideremos primeiro a poça vazia. É óbvio que nenhuma água vai passar para fora da poça até que a água atinja o nível 2 da figura. Quando a água atingir este nível, se o caudal da nascente for razoável, o que vai acontecer é que todo o canal vai ficar cheio de água, e então como a pressão na saída do canal é menor que a pressão à entrada do canal, a poça vai despejar toda a água até atingir o nível 1, altura em que entra no canal. E depois... tudo começa de novo.

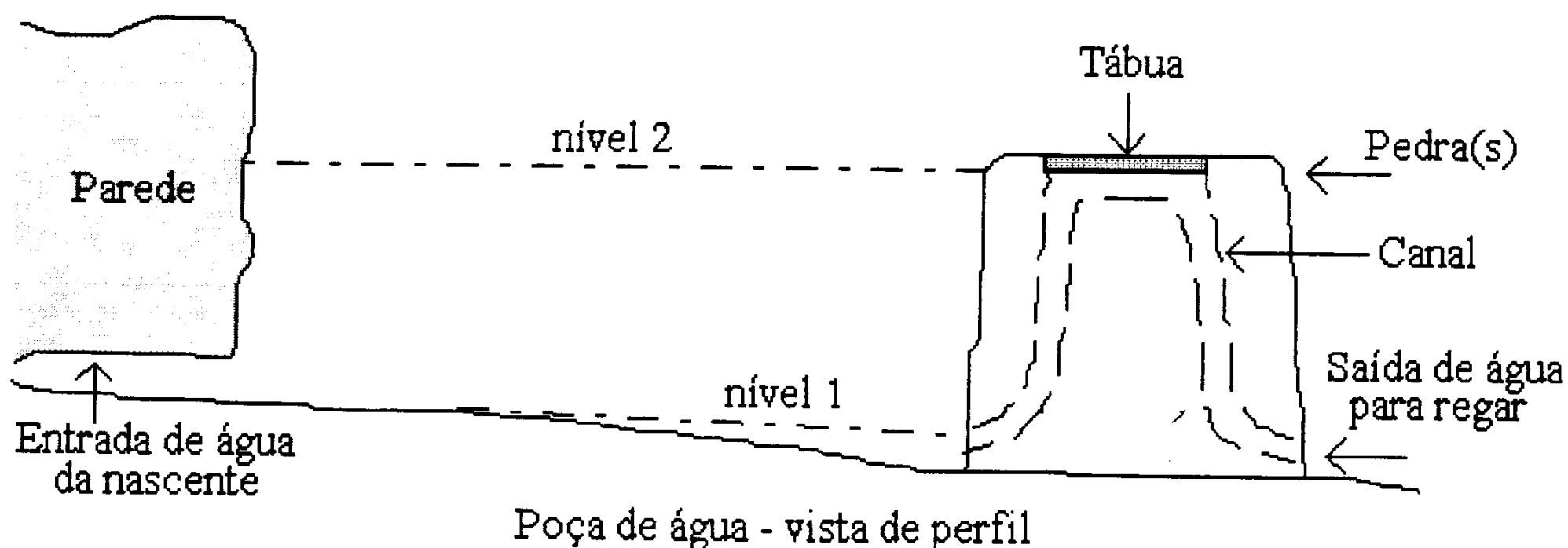
Um pormenor importante e que pode ter escapado é que é preciso que o caudal da nascente não seja pequeno, porque senão na altura em que a água atinge o nível 2, o canal não se enche

completamente de água, mas fica com ar e o que vai acontecer é que apenas vai sair para fora da poça o caudal correspondente ao caudal da nascente e a poça nunca se despeja. É claro que entram aqui outros factores que condicionem o bom funcionamento do sistema tais como a secção do canal, as propriedades da água, tais como aderência às paredes, a tensão superficial...

Agora perguntam vocês, qual a utilidade deste sistema, porque não deixar que a nascente corra livremente para a terra e a regue?

A explicação é a seguinte. Se se deixar correr apenas a nascente, como o caudal é pequeno, toda a água vai ser absorvida nos primeiros metros de terreno a regar. Ora como a intenção é regar o máximo possível de terreno, é óbvio que isto traz vantagens, já que o sistema permite obter um caudal grande durante pouco tempo e que vai chegar a muito mais terreno. Outra vantagem é que assim o agricultor não necessita de se deslocar ao terreno para o regar.

**Carlos Miguel**



## DA FILOSOFIA -BREVE REFLEXÃO-

### Perspiciência!

Sermos perspicazes é condição necessária para empreender um esforço filosófico. Não se trata, unicamente, de evidenciarmos um espírito crítico, observador e agudo. Neste contexto, "Perspicácia" adquire um sentido muito mais abrangente denota uma observação activa, dinâmica bem como uma preocupação praxiológica, ou seja, norteadora para o domínio da acção. Sendo assim, poderíamos dizer, sem repugnância, que «Filosofar é também ser perspicaz!» e traduziríamos um pouco do que é a filosofia. Contudo, muitas outras definições emergiram ao longo da História sem nunca nos transmitirem uma "Definição" na verdadeira acepção do étimo, isto é "dar um fim", mas tão-somente uma abordagem pessoal do filósofo ou daquele que se esforçou arduamente na tentativa de filosofar, pois não se trata de uma tarefa fácil. Karl Jaspers diz-nos, por exemplo, que «Filosofar é estar a caminho» ou «é a tentativa de enxergar um palmo à frente do nariz»-como refere Roberto Jones ou ainda «a Ciência do Absoluto» na voz de Hegel ou também «uma atitude perante a vida»-lembra-nos Piaget. E poderíamos prosseguir quase «ad infinitum»!... No entanto, se aceitarmos a definição etimológica como ponto de partida, então diremos que Filo/Sofia é amizade ao Saber. Considerando Saber não só como uma amálgama de conhecimentos ou exclusivamente como a Verdade no sentido estritamente formal, mas também como um "degustar", um "saborear", uma experiência, então sermos amigos do Saber é sinónimo de uma demanda contínua, não pela sua posse, mas enquanto questionar, enquanto luta pelo Saber e consequentemente por nós próprios. É claro que ao longo dos tempos esta amizade ao saber adquiriu contornos diferentes: desde a procura na Antiga Grécia, onde a filosofia teve origem, de uma certeza formal, de uma verdade absoluta em Parménides, passando por um sistema mais elaborado em Platão e que teve tantas repercussões no nosso Mundo, atingindo o seu culminar nos princípios do séc. 19 com Hegel. Aí, a concepção da filosofia como um sistema lógico-racional, onde tudo é Ideia pura, tudo é Razão, tudo é Sistema obteve a sua expressão máxima. A partir desse momento faz-se a crítica da Razão e surgem novas abordagens, novas ideias que vão combater, precisamente, o carácter "cerebral" da filosofia, a racionalização excessiva, o preconceito de encarar as paixões, a emoção como "empecilhos" à "Verdade". E então a filosofia torna-se uma «atitude perante a vida», uma vivência pessoal, uma Arte! Os racionalistas, sistemáticos e puros idealistas de outrora achavam que só suprimindo os "instintos" alcançaríamos a "verdade suprema"-confundiram supressão com domínio! É preciso dominarmos os nossos "instintos", mas nunca tentar erradicá-los, isso seria transformar um Sim num Não! Por isso, «Coração na Cabeça»-adverte-nos com razão Nietzsche é algo que se impõe. Nesse sentido, Agostinho Da Silva deixa-nos o seguinte testemunho: «Gostaria que a Filosofia desaparecesse e desse lugar à Sabedoria!» Ou seja, que o "sistema", as "verdades absolutas" e a frieza dos formalismos dessem lugar à experiência humana, à visão pessoal do Homem enquanto artista! Sim, porque ser Homem é também ser pessoal, humano, Artista! A filosofia acompanha a evolução dos acontecimentos em permanente modificação,

construção, afigurando-se não só como resultado mas também como agente modificador do Mundo e de si mesma. Actualmente, colocam-se problemas filosóficos importantes. Um deles é por exemplo:

O "Vazio"! O vazio de ideais e valores. Isto é, no dizer de Gilles Lipovetsky vivemos na "Era do Vazio", que se traduz na proliferação dos sem-valores, na ausência de sentimentos e na profunda apatia. É o culto da rotina das nove às seis, dos pequenos vícios que não fazendo bem também não fazem muito mal, do "meio-termo", da sociedade "lights", de um Deus chamado Segurança. Somos maníacos da segurança! Que queremos da vida senão um pouco de bem-estar e acima de tudo de segurança que traz intrinsecamente bem-estar?! Como temos medos e receios incontroláveis, optamos por construir uma redoma à nossa volta e por fechar as portas à verdade que pode ser terrível! Trata-se de um mecanismo de defesa! Outrora, não havia medo de questionar! Ou se havia era controlado! As pessoas arriscavam e amavam-se ideais, valores, amava-se a Verdade como quem ama uma Mulher! Os filósofos exaltavam a Verdade, os poetas colocavam o Amor num pedestal! Apesar de tudo havia um profundo interesse nas coisas, uma "fluidez". Nós, estudantes, aprendizes de físicos ou outra coisa qualquer que amamos nós?! Neste contexto, apelo novamente às palavras mais ou menos textuais de Agostinho da Silva, por mais utópicas que nos pareçam: «As nossas Escolas deveriam estar vocacionadas para a formação de artistas e não para a produção de soldados profissionais!» Devemos encará-lo como um alerta! Que sirva, ao menos, para nos "espicaçar", para nos despertar do sono apático, evitando que nos afoguemos no mar da Indiferença! Possamos nós vencer os nossos medos, agir construtivamente, abrir os olhos e «enxergar um palmo à frente do nariz»-Sejamos, pois, perspicazes!-É que a Verdade, infelizmente, já não é Mulher-tornou-se Dinheiro!...

Romeu Garcia

# PULSAR

**Um Jornal  
Folto Por Estudantes  
Para  
Estudantes**

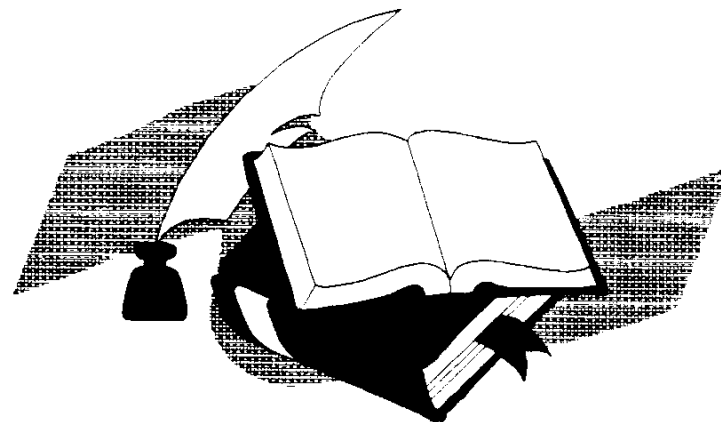
**COLABORA**

**Entrega os teus textos a um  
qualquer colaborador do jornal ou  
remete-os para a morada indicada  
na Ficha Técnica do jornal**

- Ele é aquele que mente a verdade  
que afirma a mentira
- Ele é o todo poderoso

Aberração  
 O mutante, em escala, entre a vida e a morte;  
 Transfiguração  
 O pedaço oculto, vinculado, entre o riso e o choro;  
 Alienação  
 O acto, copioso, entre a razão e a loucura;  
 Viv'alma assim fora  
 enquanto meu olhar assim quisera.  
 A razão, o riso, a vida ...  
 A loucura, o choro, a morte ...  
 A razão da loucura,  
 o choro do riso,  
 a vida de morte.  
 A audaz astúcia ...  
 o embrenhamento total  
 o fruto fatal;  
 A atrocidade despida  
 incongruentemente altiva  
 na lucidez tempestiva ...  
 Alto!! ...  
     que faço?...  
     que digo?...  
     que penso? ...  
 Era outra vez ela,  
 espreitando em minha janela.  
 Mas, quem é ela?  
 - A vida? a morte?  
 - A razão? a loucura?  
 - Quem é ela?!

*Hugo Parelho*



A estrada divina  
 em que o meu sono consciente,  
 caminha  
 sobre um caminho de símbolos quebrados,  
 encaminhando-se,  
 lentamente...  
 para a fatalidade que se avizinha...  
 a intolerável morte em Junho !  
 -pó ao pó,  
 cinzas às cinzas,  
 terra à terra, retorno...  
 Ao colosso,  
 ao nada !!  
 ao maravilhoso, a tudo,  
 ao hipotético todo...  
 e só sei que tudo sei,  
 de tudo muito pouco ou nada sei...  
 existirei...  
 O potencial infinito do tudo - o nada !  
 Existimos,  
 somos tudo,  
 somos o nada interceptando as linhas universais !  
 mas em Junho tudo morrerá...  
 nada restará,  
 onde tudo permanecerá...  
 e se alterará  
 ao sabor dos meus devaneios,  
 Nada em Junho !  
 Tudo em Junho !

*Hugo Parelho*

