

## José Pinto Peixoto\*

De Casal de Cinza à Miuzela não vai muito caminho.

Mas foi, na Escola Politécnica, nos meus dezoito anos, em 1965, no segundo ano da Licenciatura em Física, num exame de Termodinâmica no Anfiteatro da Física a paredes meias com o Instituto Geofísico Infante D. Luiz, que falei, pela primeira vez, com José Pinto Peixoto. Levei um calduço por erro que tinha feito. Perguntou-me de onde era. Disse Casal de Cinza. Durante um semestre chamou-me Sr. Monteiro. Lá balbuciava Carvalho Rodrigues e, com descrença e talvez um carolo dado sempre acompanhado de *com muita caridade* dizia: de Casal de Cinza só pode ser Monteiro. Só se remediou no ano e semestres seguintes onde muitas vezes foi meu Professor.

Era, então, o Meteorologista, que era bem. Hoje em Portugal não há mas é uma Profissão. Dirigia o Instituto Geofísico Infante D. Luiz. Era Professor Extraordinário. No meu quarto ano fez umas Provas de Agregação memoráveis. Foi feito Professor Catedrático.

Antes desse encontro, tinha começado a frequentar as suas lições numa sala de aula que tinha janelas de um lado para o Jardim Botânico. De outro, a noventa graus, uma magnífica ardósia ladeada por duas outras enormes janelas. Viam-se as copas das Palmeiras e a Biblioteca da Faculdade de Ciências. Acabei, nos cinco anos, por fazer quatro cadeiras Anuais e o Seminário final com o Prof. Pinto Peixoto.

Fui um dos *Senhores Alunos* que teve. E teve muitos. Todos podemos dizer que nos conhecia e que se deixava aproximar! Fazia sentir que cada um era especial. Que lhe era íntimo. E um sentir de unidade com o Professor José Pinto Peixoto liga-nos a todos na garantia que era quase como só nosso.

Já vou a três quartos de século e a cinquenta e sete de o encontrar e nunca alguém, quem ele aprendera, privara ou trabalhara, ou a quem o Prof. Pinto Peixoto adquiria os objectos mais diversos que se possam imaginar, que não afirmasse a proximidade pessoal e afectiva ao Professor José Pinto Peixoto. O que é quase inverosímil. É que todos dizemos, sentimos, juramos com verdade, se necessário for, que assim era. Mais, esta afirmação de pertença, a quase sensação que só de cada um de nós era Amigo íntimo, é porque o conhecia muito bem e era, é, em todos real.

Quando tive a incumbência de escrever a minha lembrança do Prof. Pinto Peixoto só senti que eu era um igual a todos os que com ele se tocaram. Desde a mana Judite que o idolatrava, até ao mano Acácio que lhe cuidava e supervisionava as terras e que tinha o encargo anual de lhe anunciar o prejuízo que a agricultura lhe dava, até aos Sobrinhos que acompanhava, protegia e estimava. O amor à Mariazinha, ao Palheiro e aos colegas que nele se albergaram vindos de todo o Portugal, ao Liceu Nacional de Gil Vicente dentro do Convento de S. Vicente de Fora, à

Joaninha onde almoçava. A todos os que lhe vendiam antiguidades, bugigangas e móveis e que, por falta de espaço, continuavam por anos e anos nas montras de lojas com a tabuleta de vendido. Em alguns sábados fazíamos romaria para, ainda hoje suponho, falar com as Pessoas donas das lojas e lhe apaziguar a saudade pelos objectos. Claro que o carro excelente que tinha fez uma primeira viagem até à garagem do seu amigo Major Rueff de onde nunca mais saiu. Era um dos locais da peregrinação às suas coisas. Bem, na Joaninha tinha em profusão de serviços de jantar, café, chá e tudo o que se possa imaginar de artefactos de vidro.

A nós que aprendíamos, levávamos calduços e carolos. Aos Senhores Ministros que lhe pediam, dava conselhos. Sempre por escrito porque com a Academia não podia haver dobrar de cerviz. Para um desses Ministérios produziu há mais de quarenta anos uma colectânea de livros sobre física, clima e ambiente. Não se fez, até hoje, melhor em Portugal. Aos Senhores Presidentes da República recusava todos os convites para recepções ou similares "para que a Academia não pudesse nunca mais repetir o que fez com Junot". Os Confrades Académicos, os funcionários, os taxistas, os condutores e revisores de autocarros, eléctricos e comboios, esses todos, sempre me repetiram, reafirmam a perene verdade: "Conheço o Prof. Pinto Peixoto muito bem, é muito meu Amigo e muito me considera". Cada um sabia que era especial para o Professor e o prodígio é que era a verdade. É assim porque, alguém como o Prof. Pinto Peixoto jamais parte, só deixamos de o ver.

Qualquer um, desses todos, podia fazer o que me atrevo a fazer hoje.

Aqui estou eu, só por causa da bondade da Senhora Presidente da Sociedade Portuguesa de Física, a Prof<sup>a</sup> Catedrática Conceição Abreu, que mo mandou fazer.

Hoje, faço-o em casa de granito, em cima de terra que nos viu. Devo-lhe o que sou como Profissional. Devo-lhe o que de melhor haverá em mim.

Em primeiro lugar percebi que era Professor, mas que para ser Professor, tinha que se ter um Ofício; era Meteorologista. Ensinava com Matemática a compreensão do Gesto desse seu Ofício. Fazia consultadoria, calculava e punha probabilidade no futuro, nas observáveis do futuro ou por curiosidade, ou para quem lho encomendava. E era esta combinação **que**, hoje, é quase vedada, que fazia o Sublime Professor quando nos ensinava. Se me é permitido lembro, também, o Prof. Carvalho Fernandes do IST, por ser de tão perto, do Soito. Era Professor no Técnico com a mesma actividade global incluindo a de Director-Geral da Standard Electric.

O Prof. Pinto Peixoto, que vivia Matemática e Física para lá do horizonte, aprendia e ensinava no mais alto nível de saber disponível em cada momento. Como primeiro Anexo vai um manuscrito oferecido pelo Prof. Prigogine ao Prof. Pinto Peixoto para comentários. Acabei por ficar com esse manuscrito por onde aprendi sobre Entropia, Informação, Tempo e Irreversibilidade. Aliás, nesse Anexo onde começa o Capítulo II, no final da página, está a

celebérrima expressão da inexorabilidade do tempo e da informação, ambos “filhos” da entropia e como o Universo se pode descrever ou, se, se quiser, organizar: ou pelo tempo ou pela informação. Como Professor deixou-nos também escritas o que eram as suas Aulas. Algumas em colaboração com o Prof. Corte Real de quem, em confiança, me disse, repetidamente, ser o único Assistente que alguma vez tivera, que de facto, percebia e era capaz de nos manusear, nas aulas práticas, aquela Física-Matemática. O Anexo II é, assim, um exemplo daquilo que ensinava. Depois escrevia e nos dava. Mas é claro que eu, tal como todos os outros, sentia que era especial para o Prof. Pinto Peixoto. Não me cansarei de repetir: era mesmo verdade para mim e verdade para todos os outros.

Mas houve um que nunca conheci mas com quem terá tido uma interacção, um contacto, diferente. Chamava-se Vitorino Nemésio. E, tal como o Prof. DiasAgudo escreveu no seu ensaio sobre “As Duas Culturas”: *“recordo a satisfação que o Confrade Vitorino Nemésio sentia ao conversar na Academia das Ciências com ele (PintoPeixoto) sobre os problemas da então física moderna”*. Por altura dessas conversas com Pinto Peixoto, Vitorino Nemésio já tinha sido levado com gosto até à biologia molecular e genética por outro Açoreano, também da Terceira, Aurélio Quintanilha (1892-1987).

Mas, das conversas com Pinto Peixoto, Vitorino Nemésio deixou notas e apontamentos que tirou. Alguns deles tenho-os e as suas reproduções constituem o Anexo III.

Destas lições o Confrade Vitorino Nemésio escreveu o livro mais profundo sobre Filosofia da Ciência que alguma vez li publicado pela Bertrand em 1972. Os Nemesianos só o descobriram, numa palestra que fiz nos Açores, em 2005. Já estava esgotado e a Imprensa Nacional apressou-se, e com um forte aplauso da minha parte, a publicar. O Prefácio é que foi entregue, nessa edição, a uma escola que toma o alinhar de palavras utilizando regras válidas e elegantes de linguagem, por pensamento. O livro é a “Era do Átomo / Crise do Homem”. A “Era do Átomo / Crise do Homem” é a prova da inspiração que o Prof. Pinto Peixoto gerava nos seus alunos. Vitorino Nemésio que já era sublime tinha visto um outro mundo, pela mente de José Pinto Peixoto e produziu a melhor poesia de “Ciência Contemporânea” que se escreveu até hoje. Rómulo de Carvalho é um soberbo Poeta de Ciência Clássica. Nemésio é o Poeta da modernidade da Ciência.

O poema foi, quase, a Harmonia:

”O outro ainda vai com Newton como fogueiro  
Mas já leva ao emprego, a Berne, o amanuense de Patentes  
Que harmoniosamente, relativamente distraído,  
Escreveu a sigla  $E = mc^2$  no arco do seu violino”

E, por vezes, Vitorino Nemésio, até fica radical. Com uma versão materialista, científica da História baseada na irreversibilidade de Prigogine. E, talvez o Prof. Pinto Peixoto lhe tenha mostrado que na nossa vida de hoje, de entrega ao domicílio, sustentada, quase só em informação e não em observáveis que gera, é, por isso, eficaz. Eficaz, mas sem sentido. É eficaz

mas não é segura. Não tem o amparo que a sustente. Na incerteza de para onde vamos não sabemos onde estamos. Não é sustentável. E a nós preenche a Alma, pelo menos, consola-a porque explica e faz previsões.

Diz Nemésio: “Talvez por isto a ciência não é o cimento da união dos povos. O credo científico une os homens na coerência matemática e nos laboratórios. Mas é só aí. Cá fora ficam desunidos, frios, lutam, destroem-se. Nem podiam ser de outro modo porque o íntimo não é do âmbito da Ciência”. Mas de Pinto Peixoto, Vitorino Nemésio absorveu, intuiu, deduziu, pelo menos, o que escreveu neste pedaço de “Era do Átomo / Crise do Homem” que transcrevo:

“Suspendendo por hoje a meditação da crise do Homem confesso que esta “Entropologia” ou Sociologia da entropia me não é de todo antipática. Metade dos problemas do homem actual bem se resolveriam talvez pelo segundo princípio da termodinâmica e com a teoria da informação”.

Aprendendo com os dois o que fiz na minha vida. Não me saí nada mal e, hoje, em que a minha pele desperta ao amanhecer dos galos e na cor da luz, agora que está em tempo de fazer guerra e falar de Paz sei quanto devo ao Prof. Pinto Peixoto como Professor do Futuro. Lembro o Passado mas é na sua contribuição para hoje e nos caminhos de Amanhã que vivemos, que trabalho o seu legado de Futuro. Pinto Peixoto teve impacto no Amanhã. Não foi do seu momento, é do Futuro.

Eu fiz o Seminário, então exigido, sob sua supervisão, sobre "Critérios de Estabilidade de Lyapunov", depois escrevi alguns textos e assinei publicações com o Prof. Pinto Peixoto. Com ele escrevi um livro “Sistemas Entropia e Coesão”.

Eu vivia no 3º andar e ele no 4º amplo e duplex. Tinha tanta e tanta coisa que, no andar de baixo do duplex, nos divertíamos a fazer exposições temporárias, desde pintura, a crucifixos e a livros. A mais vistosa foi uma de paramentos.

Jantava no terceiro, ia até ao seu duplex no quarto andar. Iria até ao quarto, no piso de cima, que tinha porta independente. Estava organizado de tal maneira que, levantando-se da cama para o lado da janela, podia de imediato sentar-se à secretária, pronto para escrever, com livros dispersos por perto. O Anexo IV é um exemplar dessa escrita.

la por grandes temporadas até aos Estados Unidos da América, até ao MIT, Chicago, Boston. Ensinava, investigava, era consultor. Trabalhava para Companhias que visitei e onde fazia Física, Meteorologia, para temas tão diversos e complexos, como Espaço, Ambiente, Agricultura, a gestão da Água e Defesa. Ficava nervoso quando preenchia os formulários americanos do IRS porque não tinha quem lho fizesse. Em Portugal, os amigos faziam isso por ele. Nunca abria a caixa do correio porque “ou são contas ou más notícias”. Lá lhe fazíamos a gestão das cartas. Almoçar, com os velhos Amigos, era sempre na Joanhina. A isso era impossível faltar. Consoava e passava o Natal connosco (foto 1).



Foto 1 – Almoço de Natal

Tratava com desvelo o Instituto Geofísico Infante D. Luiz onde, contava com todos, mas sobretudo com o Prof. Côrte Real e o seu Prof. Mendes Vitor.

A Academia das Ciências de Lisboa era o seu centro nevrálgico. Tudo por perto e à volta da Escola Politécnica como gostava de dizer. Lembro-me que sofreu com o estoicismo a la Kipling a perda da sua Biblioteca no fogo da Politécnica.

No mais, ajudou-me em todos os projectos, em especial, os de Detecção Remota levados a cabo com a NATO e no Po-SAT1 que tinham que ver com o espaço, uma vez que desde que se iniciou em Portugal actividade no espaço exterior, em 1972, (está a fazer cinquenta anos) fez parte da então constituída e muito dinâmica “Comissão Permanente de Estudos do Espaço Exterior”. Teve um enorme empenho no estabelecer de Escolas de Óptica e Optometria que fundei na Associação Nacional dos Ópticos e na União Profissional de Ópticos Optometristas, em 1978. E, também, na introdução de Licenciaturas e Doutoramentos em Optometria, com equipamento e bolsas para Doutoramento no estrangeiro, integralmente financiados e pagos, pelas Associações e Empresas de Óptica e Optometria (em 1980), nas Universidades da Beira Interior e do Minho.

Contribuiu para a UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e foi membro da Comissão Instaladora da Universidade Nova de Lisboa. Um dia, com o olhar no horizonte, disse-me: “Fernandinho, a Faculdade de Economia nunca irá para a outra banda!”. Muito incrédulo perguntei-lhe porquê. E do Prof. Pinto Peixoto, na Sabedoria dos Beirões da Beira Serra, oiço: “Vai ficar do lado de Lisboa porque é onde estão os Bancos”. Na altura pensei que não seria assim. Hoje sei que sim. Ficou mesmo onde a viu.

Depois, ajudava, a todos, sem contabilidade. Com bonomia. Em Casal de Cinza esteve no momento de inauguração de muito boas instalações do (GCRCC) Grupo Cultural e Recreativo de Casal de Cinza, com o Engº Vitor Vasques, Presidente da Federação Portuguesa de Futebol, anterior Presidente do Benfica e, um rapaz da minha criação, o Sr. Jorge Pires, Presidente (foto2) de quem recebe uma lembrança e disse algo; vejam a boa disposição que criou. Vejam:



Foto 2 – 1994, Inauguração das instalações do Grupo Cultural e Recreativo de Casal de Cinza; da esquerda para a direita: Engº Vitor Vasques (Presidente Federação Portuguesa de Futebol), Prof. Catedrático José Pinto Peixoto (Presidente da Academia das Ciências de Lisboa), FCR e o Sr. Jorge Pires (Presidente do GCRCC).

Fê-lo com a mesma simplicidade, alegria, humildade e naturalidade com que lhe foi imposta a Grã-Cruz da Ordem Militar de Santiago da Espada pelo Sr. Presidente da República, o Prémio Artur Malheiros e o Prémio Boa Esperança na foto comigo, com o Engº Fernando Duarte Carvalho e o Prof. Manuel Santos Silva (foto3).



Houve um dia que o Compadre Tomás Espírito Santo o levou ao hospital. Vi-o sair de casa. Sei que não partiu. Só deixei de o ver.

Uns quantos de nós já tínhamos organizado uma Homenagem Científica no Hotel Altis quando do septuagésimo aniversário com um grande simpósio, com os grandes Meteorologistas e Professores de Meteorologia do Mundo e antecipava-se já a edição do “The Physics of Climate”. No dia em que deixámos de o ver, eu, a Família e juntando os Amigos, em especial o Dr. Norberto Pilar, o General Pereira Pinto, o Major Rueff, o Eng<sup>o</sup> Tomás Espírito Santo, o Juiz Conselheiro Dr. Joaquim Matos, o Prof. Passos Morgado, o Prof. Santos Silva, o Prof. Mendes Vítor, a Prof.<sup>a</sup> Solange da UTAD, **entre outros**, conseguimos, por subscrição pública, encomendar a estátua de bronze do Prof. José Pinto Peixoto (foto 4) e que o Dr. João Soares, Excelente Presidente da Câmara de Lisboa, por decisão sua, eficaz e pronta, ficou onde está: no Campus da Universidade de Lisboa sobre uma pedra de granito cortada e levada da Miuzela (Foto 5).



Foto 4 – Estátua, em bronze, do Prof. José Pinto Peixoto, obra de Laranjeira Santos, feita, por subscrição pública, inaugurada em 2003.



Foto 5 – Pedestal de granito cortado e trazido da Miuzela do Côa

Foi ainda o Dr. João Soares, Extraordinário Presidente da Câmara de Lisboa, para além da escolha da feliz localização da Estátua, que por sua exclusiva iniciativa, mandou colocar uma placa na fachada do prédio onde viveu (Foto 6)

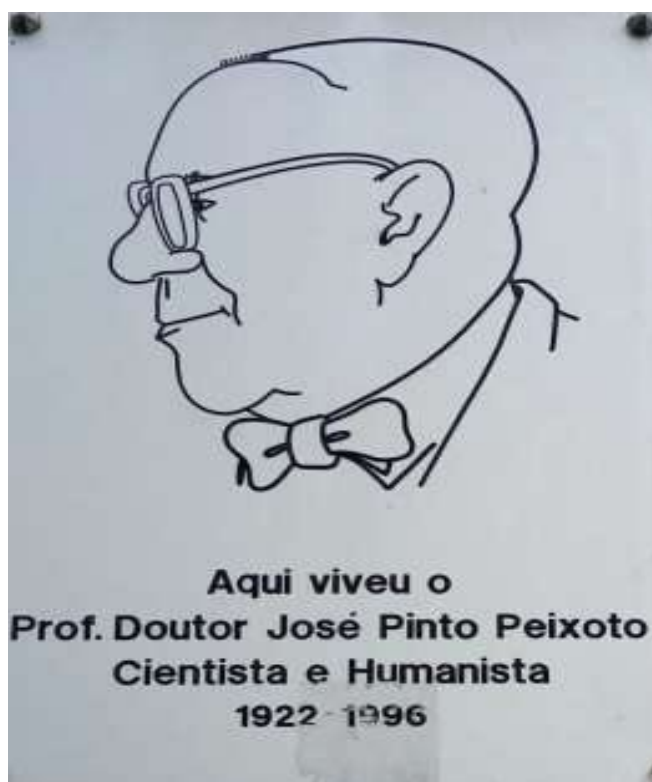


Foto 6 – Placa mandada colocar, pelo Dr. João Soares, Presidente da Câmara Municipal de Lisboa na casa onde viveu.

e atribuir o nome de José Pinto Peixoto a uma Rua da Cidade de Lisboa, no que foi seguido por Oeiras e Almeida. Na Miuzela, para quem escreveu o seu último livro "Miuzela a Terra e as Gentes", o Povo, através de uma associação, comprou e instalou a "A Casa de Cultura José Pinto Peixoto" <https://www.casaculturapintopeixoto.org/> (foto7) que atribui todos os anos o Prémio Nacional José Pinto Peixoto para o Melhor Aluno das Escolas Secundárias, para caminharem o Futuro que legou para eles, a ser entregue anualmente.



Foto 7 – Casa de Cultura José Pinto Peixoto, na Miuzela.  
Esforço de um Povo para cobertura de Ciência e Cultura pelo interior.

De José Pinto Peixoto posso, podemos, dizer que:

"Serviu e não contabilizou o custo;

Lutou e não contou as feridas;

Trabalhou e não pediu descanso;

Deu-se e pediu nada em troca."

Pelo Prof. Pinto Peixoto podem repetir-se as palavras de Virgílio:

"Feliz daquele que procurou a causa das coisas, porque um dia ultrapassará o medo e será entronizado pelo destino".

E por tudo, saibam que a sua Humanidade, as inextinguíveis competências de Cientista e Homem de Cultura, de José Pinto Peixoto, só podem ser as de um Atleta de Deus.



\*Foto 8 - feito em Casal de Cinza, nos cem anos do seu Nascimento, pelo seu Aluno Fernando Carvalho Rodrigues que pede, a quem queira informar mais a curiosidade, o favor de ir até [www.fernandocarvalhorodrigues.eu](http://www.fernandocarvalhorodrigues.eu)

# ANEXO I

**ORIGINAIS ENVIADOS POR PRIGOGINE PARA COMENTÁRIOS DE JOSÉ PINTO PEIXOTO**

# STRUCTURE - DISSIPATION - LIFE

X Lounorm

461

## CHAPITRE I

### BILANS ET LOIS DE CONSERVATION

#### 1. Expression générale d'un bilan.

La Thermodynamique des phénomènes irréversibles se rapporte essentiellement à l'étude des processus de transport, tels que la conduction thermique, la diffusion, la viscosité et à celle de l'évolution des réactions chimiques. Elle relève donc généralement du domaine des systèmes non uniformes, le seul cas d'uniformité étant pratiquement celui où l'irréversibilité chimique n'intervient isolément. Il est dès lors avantageux de pouvoir exprimer les lois fondamentales de conservation et d'évolution qui gouvernent la physique macroscopique (masses, quantités de mouvement, énergies, entropie) au moyen d'un formalisme commun appelé "bilan". Nous établirons tout d'abord l'expression générale d'un bilan, applicable aussi bien aux systèmes dits fermés, parce que leur évolution ne comporte pas d'échange de matière avec le milieu extérieur, qu'aux systèmes dits ouverts, qui en comportent.

Soit un milieu continu, formé par l'ensemble des points d'un volume  $V$ , limité par la surface fermée  $\omega$ , dans le domaine de

...

## CHAPITRE II

### SECOND PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE ET BILAN ENTROPIQUE

#### 1. Formulation du second principe de la Thermodynamique.

Pour l'étude des systèmes macroscopiques, nous utiliserons la formulation phénoménologique du second principe. Celle-ci postule l'existence d'une fonction d'état  $S$  appelée entropie, caractérisée à une constante près, par les deux propriétés suivantes :

- 1°/ L'entropie est une variable extensive, en ce sens qu'elle est composée de la somme des entropies de chacune des parties du système.
- 2°/ L'accroissement d'entropie attribuable à des modifications internes n'est jamais négatif.

Dans le formalisme des relations (1.16) et (1.17), cette propriété s'écrit :

$$dS = d_i S + d_e S \quad (2.1)$$

avec

$$d_i S \geq 0 \quad (2.2)$$

J. V. VERKOTÉ

Opus de Prof Prigogine

Van 10.3

STRUCTURE, DISSIPATION and LIFE

par

I. PRIGOGINE

Professeur à la  
Faculté des Sciences, Université  
Libre de Bruxelles

Communication présentée le lundi 26 juin 1967 à  
la Conférence Internationale " Physique Théorique  
et Biologique " organisée par l'Institut de la Vie,  
du 26 au 30 juin 1967, Versailles, France.

# ANEXO II

**AULAS ESCRITAS PRO BONO POR JOSÉ PINTO PEIXOTO PARA BENEFICIO DOS  
SENHORES ALUNOS**

x Louren  
463

I - O papel da matemática na resolução de problemas de física

1. Na resolução dum problema de física é indispensável o recurso à matemática.

O estabelecimento das equações que permitem resolver o problema é a fase preliminar, obrigatória. É um trabalho difícil, porque exige o conhecimento de dois domínios diferentes: o da física no que se refere aos fenómenos que se pretendem traduzir por equações; e o da matemática que consiste na resolução dessas equações. A resolução do problema compreende normalmente as seguintes fases:

- a) escolha dum sistema de referência (isto é, determinação das variáveis independentes que permita a "parametrização" do fenómeno);
- b) escolha das funções desconhecidas para "caracterizar" o fenómeno;
- c) estabelecimento das equações que traduzem, quer as "necessidades internas" (relações entre as várias funções desconhecidas), quer as leis físicas que regem o fenómeno;
- d) transformação das equações, adaptando-as às condições fronteiras ou às condições iniciais (condições limites) que especificam o problema;
- e) resolução matemática das equações;
- f) interpretação física dos resultados;
- g) resolução do problema físico.

2. A matemática na solução dos problemas da física é uma "ferramenta" extremamente conveniente. É uma forma de linguagem com que se pode descrever o problema físico e por meio da qual certos processos de raciocínio lógico podem ser conduzidos com relativa facilidade.

Não há mágica "nas matemáticas". Uma hipótese física incorreta é sempre uma hipótese incorreta, quer seja expressa em linguagem matemática, quer não. Uma hipótese incorreta introduzida na equação diferencial que traduz o problema físico, só pode conduzir a resultados incorretos, por mais perfeita que seja a lógica do formalismo.

É sempre indispensável fazer uma verificação e uma crítica dos resultados.

Na resolução dum problema físico pode obter-se uma solução errada devido a alguma das seguintes causas:

- a) solução matemática incorreta dum problema formulado corretamente;
- b) solução matematicamente correta ou não dum problema físico mal formulado;
- c) solução matemática incorreta dum problema físico mal formulado.

Como se vê, o caso referente à alínea c) é em geral o mais frequente; juntam-se as dificuldades da física às da matemática (infelizmente os Srs. alunos são vítimas da alínea c) ...).

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

TERMODINÂMICA

(ALGUMAS NOÇÕES ELEMENTARES SOBRE A TEORIA DA INFORMAÇÃO)

$$w = \prod_j \frac{c_j^{N_j}}{N_j!} \quad \text{Boltz}$$

Prof. Dr. José Pinto Peixoto

$$w = \prod_j \left\{ \frac{(c_j + N_j - 1)!}{(c_j - 1)! N_j!} \right\} \rightarrow \text{B. E.}$$

$$w = \prod_j \left\{ \frac{c_j!}{(c_j - N_j)! N_j!} \right\} \rightarrow \text{F. D.}$$

Lisboa

1968

## TEORIA DA INFORMAÇÃO

"Thus when one meets the concept of entropy in communication theory, he has a right to be rather excited - a right to suspect that one has hold of something that may turn out to be basic and important".

Warren Weaver

### 1. Noções fundamentais

1. Informação é a "entidade" que resulta da diferença entre saber e não saber, conhecer e não conhecer, ou a diferença que há entre encarar várias possibilidades e saber aquela que de facto se realiza.

Consideremos o conceito de informação na segunda acepção, por ser mais objectivo; tomemos o caso simples em que temos que fazer uma escolha dentre  $n$  acontecimentos possíveis. Por exemplo suponhamos que um objecto se encontra dentro duma das  $n$  caixas todas semelhantes. É evidente que o objecto não pode estar em mais do que uma caixa simultaneamente, o que significa que as  $n$  possibilidades se excluem mutuamente. Além disso, todas são equiprováveis: não vemos nenhuma razão que nos leve a preferir uma das possibilidades a qualquer das outras.

A nossa dificuldade em inferir qual a caixa em que se encontra o objecto traduz de facto uma dada incerteza ou uma falta de informação. Esta falta de informação é uma função de  $n$  e tanto maior quanto mais elevado for  $n$ ; isto é, podemos aceitar que:

$$I = I(n) \quad (1.1.)$$

com a condição de ser:

$$I(\underline{n}) > I(\underline{m}) \quad \text{para} \quad \underline{n} > \underline{m} \quad (1.2.)$$

Mas também é evidente que se só existe uma caixa ( $n=1$ ), não teríamos dúvida

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

CADEIRA DE TERMODINÂMICA

A MATEMÁTICA E A TERMODINÂMICA (II)

Prof. Dr. José Pinto Peixoto

o

Dr. João Alexandre Medina Corte Real

Lisboa

1968

## IX - Aplicação no equilíbrio crítico

1. Da teoria exposta sobre formas quadráticas, inversão de matrizes, sobre o equilíbrio crítico, pode compreender-se sem dificuldade, alguns dos aspectos apresentados nas lições, para sistemas termomecânicos. Considere-se um sistema cuja relação fundamental é:

$$U = U(s, v)$$

Para que a forma quadrática

$$\frac{1}{2} u_{ss} (ds)^2 + u_{sv} ds dv + \frac{1}{2} u_{vv} (dv)^2$$

cuja matriz é a matriz de rigidez:

$$\begin{bmatrix} u_{ss} & u_{sv} \\ u_{vs} & u_{vv} \end{bmatrix}$$

seja definida positiva ( $d^2U > 0$ ) todos os menores principais têm de ser positivos, isto é:

a)  $u_{ss} > 0$

b)  $u_{vv} > 0$

c)  $u_{ss} u_{vv} - u_{sv}^2 = D > 0$

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

TERMODINÂMICA

(ALGUMAS NOÇÕES ELEMENTARES SOBRE A TEORIA DA INFORMAÇÃO)

$$W = \prod_j \frac{c_j^{N_j}}{N_j!} \quad \text{Boltz}$$

Prof. Dr. José Pinto Peixoto

$$W = \prod_j \left\{ \frac{(c_j + N_j - 1)!}{(c_j - 1)! N_j!} \right\} \rightarrow \text{B. E.}$$

$$W = \prod_j \left\{ \frac{c_j!}{(c_j - N_j)! N_j!} \right\} \rightarrow \text{F. D.}$$

Lisboa  
1968

4. Entropia; incerteza

1. O valor médio da quantidade de informação recebida será dada por:

$$\begin{aligned} \langle I_Q(x_k/y_j) \rangle &= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_j \sum_k N(x_k y_j) \cdot I_Q(x_k/y_j) = \\ &= \sum_j \sum_k p(x_k, y_j) I_Q(x_k/y_j) \end{aligned} \quad (4.1)$$

Como resulta da "definição" de probabilidade.

2. A expressão anterior (4.1) pode escrever-se sob a forma:

$$\langle I \rangle = \sum_j \sum_k p(x_k y_j) \left[ -\log p(x_k) \right] - \left[ -\log p(x_k/y_j) \right], \quad (4.2)$$

notando que:

$$p(x_k y_j) = p(x_k) \cdot p(y_j/x_k) = p(y_j x_k) = p(y_j) \cdot p(x_k/y_j) \quad (4.3)$$

Se definirmos a função  $H$  pela fórmula:

$$H = - \sum_k p(x_k) \log p(x_k) \quad (4.4)$$

conclui-se que a grandeza  $H$  é afinal o valor médio do grau da incerteza ou o valor médio da surpresa. Com esta simbologia o valor médio da quantidade de informação  $\langle I \rangle$  pode escrever-se:

$$\langle I \rangle = H(x) - H(x/y) \quad (4.5)$$

$$\delta\sigma = \sum \left( \frac{\partial J_i}{\partial x_j} x_i x_j + \sum \frac{\partial J_i}{\partial x_j} x_i \right) \delta x_j$$

$$\sum \frac{\partial J_i}{\partial x_j} x_i x_j + \sum \frac{\partial J_i}{\partial x_j} x_i = 0$$

7. Estados de regime estacionário  
O estado de produção mínima de entropia

1. Vamos mostrar que em regime estacionário a taxa de geração da entropia é mínima (teorema de Prigogine).

$$\frac{\partial^2 J_1}{\partial x_2^2} x_1 x_2 + \frac{\partial^2 J_2}{\partial x_1^2} x_1 x_2 =$$

Consideremos um sistema sob a acção de n forças independentes  $X_1, X_2, \dots, X_n$   
e suponhamos que se mantem constante as primeiras k forças. Então  
é possível escolher um conjunto de forças  $\{X_{k+1}, \dots, X_n\}$  para as quais os  
fluxos  $J_{k+1}, J_{k+2}, \dots, J_n$  são nulos e a taxa de geração de entropia  $\sigma$  é  
mínima.

De facto, tem-se:

$$\sigma = \sum L_{ij} X_i X_j$$

$$\delta\sigma = 0$$

$$\sigma = \sum L_{ik} X_i X_k$$

Porque a taxa quadrática  $\sigma$  é definida a partir a condição de  
 mínimo para  $\sigma$  tem:  $\left( \frac{\partial \sigma}{\partial x_m} \right) = 0 = \sigma_m \quad m = 1, 2, \dots, n$

Se k das  $X_i$  forças estiverem estas temos os fluxos correspondentes à  
 $X_{k+1}, \dots, X_n$  nulos.

Derivando esta expressão em ordem a  $X_m$ , vem:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial X_m} = \sum_k L_{mk} X_k + L_{im} X_i = 2J_m \quad (45)$$

Se a produção de entropia é mínimo, então:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial X_m} = 2 J_m = 0 \quad (46)$$

e  $J_m=0$  é a condição de mínimo, porque a forma quadrática  $\sigma$  é positiva e definida.

Logo, é necessário que todos os fluxos associados às forças generalizadas, que não foram fixadas previamente se anulam. Portanto, em regime estacionário  $\sigma$  é mínima. *(porque a estado estacionário é de máxima a dissipação de entropia, logo  $\frac{\partial \sigma}{\partial t} = 0$  e  $\left(\frac{\partial \sigma}{\partial X_m}\right) = 0 \quad m = 1, \dots, n$ )*

2. Notemos que a taxa de geração de entropia  $\sigma$  está associada uma energia dissipada por segundo (potência dissipada) que vale  $\sigma T$ .

3. Vamos calcular a variação da taxa de produção de entropia, quando há uma variação nas forças generalizadas ou nos fluxos generalizados.

Diferenciando a expressão (18), vem:

$$d\sigma = \sum_i X_i dJ_i + \sum_i J_i dX_i = d_J \sigma + d_X \sigma \quad (47)$$

fazendo:

$$d_J \sigma = \sum_i X_i dJ_i \quad (48) \quad \text{e} \quad d_X \sigma = \sum_i J_i dX_i \quad (49)$$

Mas no domínio linear é:

$$d_J \sigma = \sum_i X_i L_{ik} dX_i \quad \text{e} \quad d_X \sigma = \sum_i L_{ik} X_i dX_i$$

# ANEXO III

**APONTAMENTOS MANUSCRITOS  
DE VITORINO NEMÉSIO  
DAS CONVERSAS  
COM PINTO PEIXOTO  
NA  
ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA**

mecânica ondulat. — experim. e imagens

" quântica (Bohr / Heisenb.) for-  
malism matem.

~~parte~~ preparada / projetada pode angustiar-se  
= desdolar a emissão de fótons (desmaterial.)  
e o inverso

---

$$E = h\nu$$

(Bohrmann: emiss. e absorç. de descriç. T.)  
os elétrons só podem ser  
analisados de movimento quan-  
tizado: a energia radiante  
de freq.  $\nu$  é expr. em int. e  
absorv. por quant. des. fi-  
nitas =  $h\nu$

ondulatória: Fresnel (Optica)  
propg. calor: Fourier \*  
Electricid. → Maxwell (Electromagnetism)  
Termodin. Sadi Carnot... Joule, Clausius

Fis. cl.: "pontos materiais" - estrut. descont. da mat.

Fis. mod.: representações contínuas → derivadas parciais

Termodin. abstr.: conservação da energia e aumento da entropia

As leis da electrólise (Faraday) sugeriram uma estrut. descontínua da electricid.

Átomos e moléculas: Clausius, Maxwell → BOLTZMANN  
teoria cinética da matéria

H. A. LORENZ: Electões: cargas localizadas e corpusculares

Energetistas versus Atomistas

Mach, Ostwald, Duhem

1880-1920: estrutura descontínua da electricid.

Einstein : relativit. restita

$$\lambda = h/mv$$

1923 — <sup>1.a</sup> quanta — híbrido de partículas e quanta  
↳ Broglie  
mecânica ondulat. : onda e corpúsc.  
(alé entã só fótons) nos electrões

Relações de energia e quantitat. movim.  
de corpúsc. c. a ~~freq.~~ freq. e o compr.  
de onda associada

1926 : Schrödinger matematicam.  
determinação estados estacionários :

J. Heisenberg (em 1925) exprime  
matemat. o formalismo da mec. ondulat.

1927 : 2 experiências : difracção dos  
electrões pelos cristais

Spin → <sup>as borças e paradas</sup>  
1925 : no electrão / rotaçãõ interna  
c. 1 mom. de quantitat. de movim. e 1

Dirac <sup>propõe</sup>  
momento magnet. próprios (turbilhão de spin)

# ANEXO IV

**PÁGINA MANUSCRITA POR JOSÉ PINTO PEIXOTO**

